Introduzione

Questa pubblicazione non vuole essere un duplicato di altre già esistenti, ma un aiuto e uno sprone per gli speleo di buona volontà affinchè, si auspica, sia possibile estendere anche ai "non addetti ai lavori" la passione per il rilievo ipogeo.
E' vero che il rilievo speleologico costa molto in termini di fatica e di rischi (e ne sanno qualcosa coloro che sono impegnati in difficoltosissime esplorazioni, o punte, in ambienti inospitali, ostici e pericolosi), ma è altrettanto vero che questa "arte" non deve poi essere esternata solo in un freddo e insipido rilievo cartaceo che poco o nulla dice ai non partecipanti all'impresa, ma deve servire come mezzo di comunicazione universale e compartecipazione alle fatiche subite e alle rare gioie dell'esplorazione.
L'autore, speleologo per passione viscerale da molti anni, dà dei suggerimenti pratici su come concretizzare nel modo più preciso possibile i lavori speleologici ed un nuovo strumento didattico per i corsi di speleologia, per rendere meno difficile l'insegnamento dell'arte della topografia sotterranea alle nuove leve che poco sanno e che molto vorrebbero imparare in brevissimo tempo.

Si ringrazia sentitamente l'amico Edoardo Raschellà per la paziente rilettura di questo lavoro e il suo mai abbastanza apprezzato spirito critico.

Questa pubblicazione è stata realizzata interamente con:

Hardware:
Personal Computer Amiga 3000, kickstart 3.0, Workbench 3.1, 6 Mb di RAM
Stampante a getto di inchiostro Texas Instruments "MicroMark Color"

Software:
SpreadSheet: VIP Technologies Corporation - Vip Professional 1.0
Editor: Cloanto Italia - C1-Text 3.0
Linguaggio di programmazione e interfaccia: AREXX
Desk Top Publishing: Gold Disk - Page Setter III
CAD: Progressive Peripherals inc. - IntroCAD Plus

Dello stesso autore: <<Speleo News>>
Una guida "mentale" imperniata su caratteristiche, affidabilità ed uso dei materiali speleologici e sulle ultime conoscenze nell'ambito della sicurezza della progressione.

Bibliografia essenziale

<Segni convenzionali e norme sul loro uso> Coll. testi tecnici, Cart. 25.000 I. G. M., 1960.

<Topografia - Manuale di Speleologia> di G. Cappa, A. Vanin, Longanesi, 1978

<La topografia delle grotte> di G. Calandri, L. Ramella - Speleologia 10, 1984

<La S.S.I. e il Catasto Nazionale> di V. Castellani - Speleologia 12, 1985

<Materiali, TuttoSunto> di A. Davoli - Speleologia 14, 1986

<Materiali, Longimetro DAAR> di A. Davoli - Speleologia 16, 1987

<Note tecniche sparse> di G. Badino - Grotte 94, 1987

<Il Catasto della S.S.I.> di P. Forti - Speleologia 20, 1989

<Materiali, Illuminatore per strumenti di rilievo> di G. Tomasi - Speleologia 20, 1989

<Materiali, Bussola leggibile è meglio> di M. Fornasier, M. Malagoli - Speleologia 20, 1989

<Materiali, Nuovi illuminatori per il rilievo> di G. Sterbini - Speleologia 23, 1990.

<Il longimetro DAAR> di G. Badino - Grotte 32, 1990.

<Eugenio Boegan, il padre del Catasto > di P. Guidi - Speleologia 22, 1990

<Corso di geografia generale e geologia> di M. Vanni, Carlo Signorelli Editore - Milano, 1992.

<Manuale di rilievo ipogeo> di F. Bagliani, M. Comar, F. Gherbaz, G. Nussdorfer - Regione Autonoma Friuli - Venezia Giulia, Trieste, 1992.

<Topografare Sottoterra> di D. Sottocorno, Gruppo Speleologico Varesino C.A.I. Varese, 1993.

<Un SW per la speleologia> di A. Vanin, R. Murgolo, M. Miragoli - Speleologia 28, 1993

INDICE DEL CONTENUTO

TOPOGRAFIA

CAPITOLO 1 - NOZIONI DI BASE E CENNI DI CARTOGRAFIA

REMINISCENZE SCOLASTICHE

Meridiani = circonferenze massime che passano per i poli ed i cui punti hanno eguale distanza angolare e lineare dall'equatore, cioè i cui punti hanno eguale longitudine; se ne contano 360. Ogni meridiano divide la terra in due emisferi, uno orientale e l'altro occidentale. Il meridiano fondamentale è quello di Greenwich.

Paralleli = circonferenze minori parallele all'equatore, che diventano sempre più piccole via via che si avvicinano ai poli. Se ne contano 90 a Nord dell'Equatore (emisfero boreale) e 90 a sud (emisfero australe).

Le misurazioni della superficie terrestre si fanno su queste circonferenze immaginarie; perciò non è possibile indicare tali misurazioni in chilometri o in altre unità di misura lineari, ma in gradi, in primi e secondi.

Latitudine = distanza di un punto dall'equatore, calcolata in gradi e frazioni di grado, lungo l'arco del meridiano passante per quel punto.

Longitudine = distanza di un punto dal meridiano fondamentale di Greenwich, calcolata in gradi e frazioni di grado lungo l'arco del parallelo passante per quel punto.

La latitudine del punto M (fig. 1-1) corrisponde all'arco MR, la cui misura è data dall'angolo MCR: sostanzialmente la misura della latitudine corrisponde alla misura dell'angolo al centro della terra, corrispondente all'arco MR.
L'arco PM (longitudine) corrisponde, a sua volta, ad un angolo, che giace sul piano del parallelo di M ed ha il vertice sull'asse terrestre.

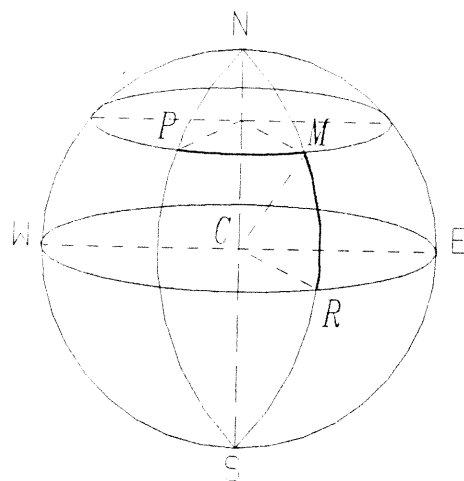



Figure 1-1 Latitudine e longitudine

DECLINAZIONE MAGNETICA

Il pianeta Terra ha un nucleo caldo magnesiaco (composto in prevalenza da ferro e nickel ad altissime temperature), che, generando un flusso di materia ionizzata, funziona come un enorme magnete naturale. Poiché la forma della Terra non è una sfera (in tal caso il flusso magnetico sarebbe uniformemente distribuito sulla superficie), ma un geoide (un solido rotondeggiante, leggermente schiacciato a due estremità con una protuberanza più pronunciata in corrispondenza della sua parte mediana), ne deriva che le correnti magnetiche sono distribuite in modo non uniforme e il loro flusso varia ciclicamente.
Ciò porta ad un imperfetto allineamento tra l'ago magnetico della bussola e l'asse dei meridiani che coincide con i poli geografici.

Tale deviazione è chiamata "declinazione magnetica": sulle carte topografiche, viene indicata come un angolo in gradi sessagesimali che può essere positivo per declinazione orientale (E), o negativo per declinazione occidentale (W).

RILEVAMENTO

Le proiezioni geografiche, rendendo possibile la rappresentazione della rete dei paralleli e dei meridiani, permettono di fissare la posizione di una serie di punti di cui si conosce la latitudine e la longitudine oppure permettono di risalire alla latitudine e longitudine partendo da un punto.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA PER ISOIPSE

Il sistema di rilevamento più diffuso è quello basato sulle curve di livello o linee isoipse.
Se si tracciano delle righe parallele, ad ogni incremento per esempio, di 25 metri di dislivello da un lato all'altro di un monte e proiettiamo sul piano orizzontale i punti di incrocio tra ogni parallela e la forma della montagna, si ha, in pianta la sua vista dall'alto. Nella rappresentazione grafica le isoipse saranno più' lontane quanto più è dolce il pendio e saranno più fitte quanto più sono ripidi i pendii fig. 1-2).
Le curve di livello possono anche servire a rappresentare la forma di una cavità, di un lago o di un mare; in tal caso vengono chiamate isobate (linee che uniscono punti di una medesima profondità).

SCALA

Ogni carta geografica è la riproduzione in piccolo della superficie terrestre; perciò per disegnarla e per interpretarla occorre stabilire in quale proporzione essa sta rispetto alla regione che rappresenta; senza tale informazione la carta, anche se perfetta, sarebbe inutilizzabile. Per questo motivo occorre che sulla carta sia riportata la scala cioè il rapporto fra le grandezze lineari della carta e quelle reali.

La carta topografica dell'Italia è pubblicata a cura dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) ed è composta da 285 fogli a scala 1:100.000 (1 mm = 100 m). Ogni foglio (fig. 1-3) è diviso in 4 parti uguali dette "quadranti" (il I in alto a destra, il II in basso a destra, il III in basso a sinistra e il IV in alto a sinistra); ogni quadrante è a scala 1:50.000 (1 mm = 50 m) ed è a sua volta diviso in quattro "tavolette" a scala 1:25.000 (1 mm = 25 m) (NordEst , SudEst , SudOvest , NordOvest).

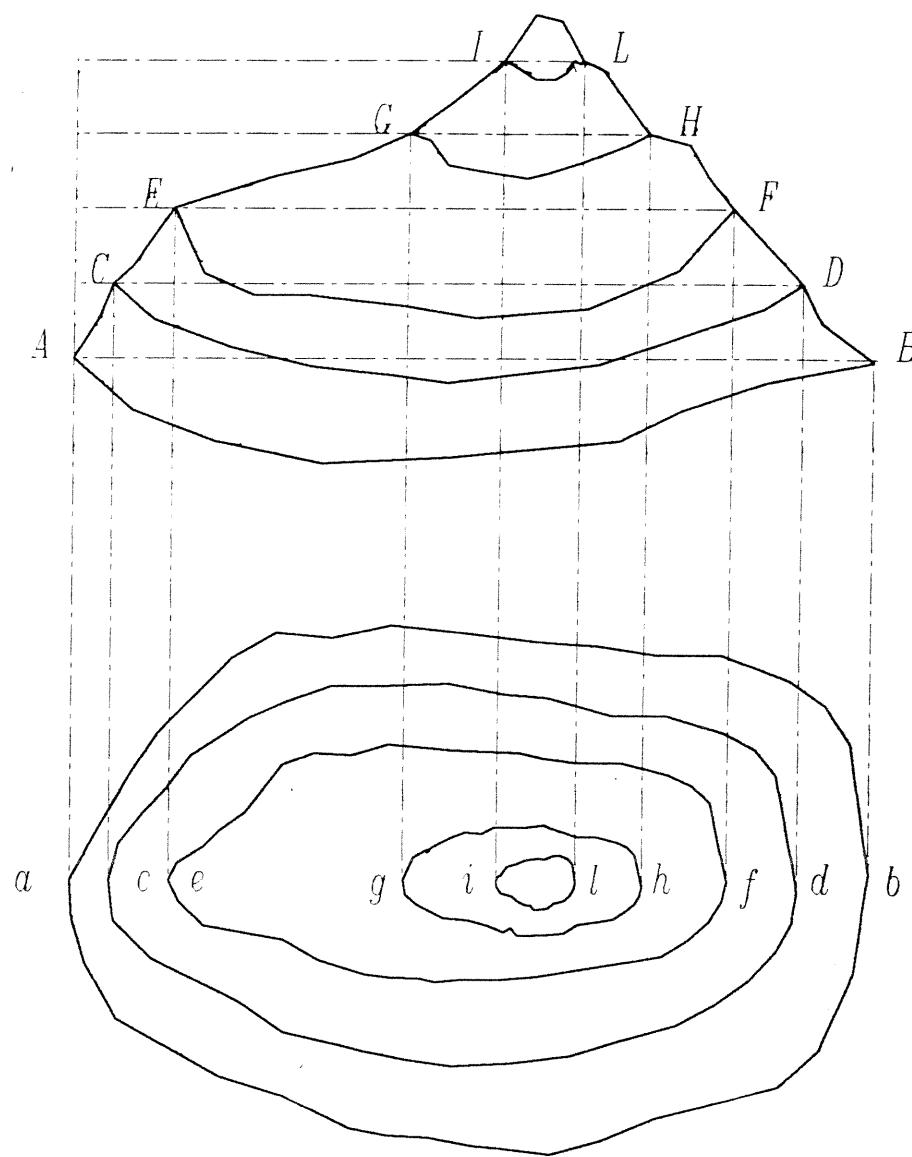
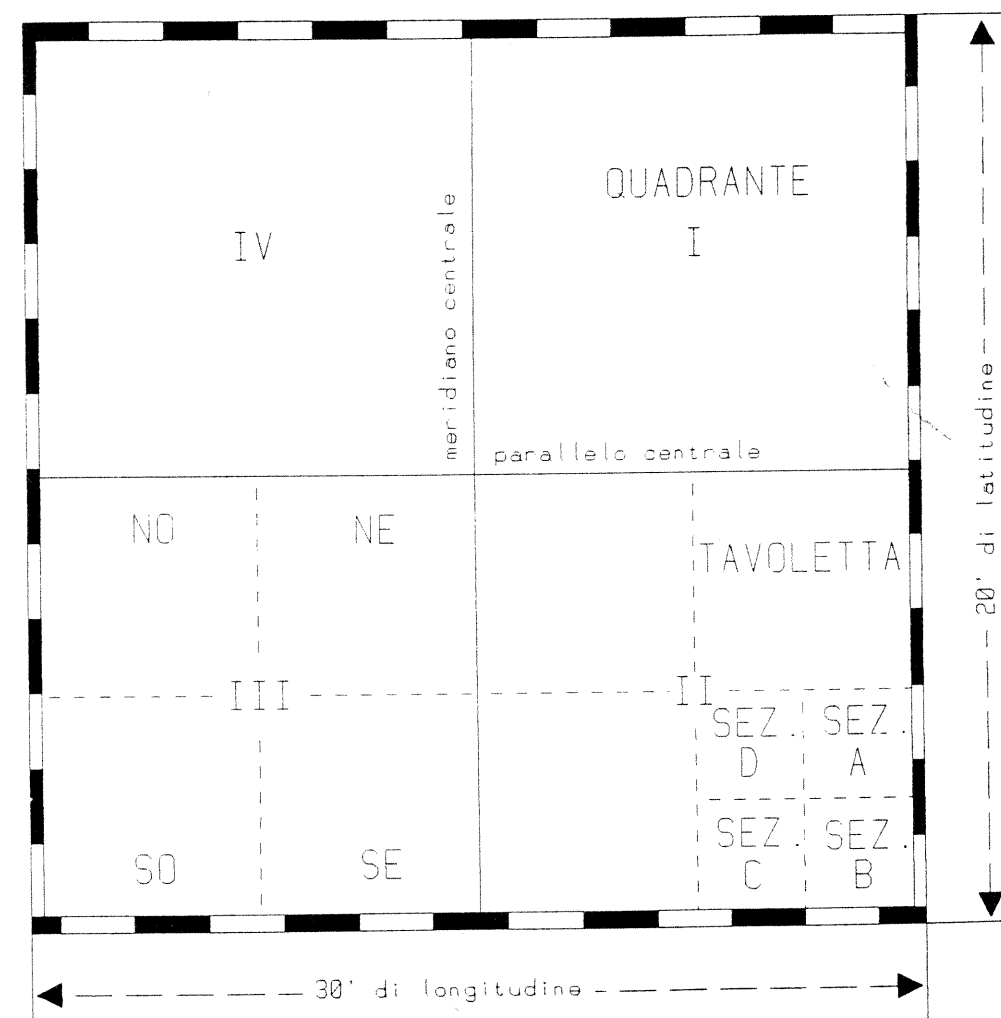
Per quanto riguarda la longitudine, il territorio italiano è compreso quasi tutto tra il 6° di longitudine E ed il 6° di longitudine W, rispetto a M. Mario.

Figura 1-2 Isoipse

CARTOGRAFIA 1:25.000

Una tavoletta è composta da un quadro centrale e da una cornice che riporta tutte le informazioni utili per la lettura della carta.
- In alto, da sinistra verso destra si trova la posizione della tavoletta, il suo nome e la ripetizione degli estremi;
- In basso, da sinistra verso destra, sono poste le informazioni generali della tavoletta tra cui compare anche la data di pubblicazione ed eventuali successive edizioni. Questo dato è molto importante poiché fornisce il grado di attendibilità della carta. E' da notare che la stragrande maggioranza delle tavolette risale a prima della II guerra mondiale e sono ancora in bianco e nero.

Altra importante informazione è quella relativa all'equidistanza tra le curve di livello (isoipse) che nelle tavolette è di 25 metri, 5 metri per le ausiliarie e 100 metri tra le principali (quelle con tratto più marcato).

Figura 1-3 Quadranti

- Ai bordi, la carta riporta anche il reticolato chilometrico e uno specchietto con i dati delle coordinate chilometriche dei vertici del quadro (fig. 1-4), in modo che sia possibile ricostruire la quadrettatura chilometrica del reticolato.
- Lungo il margine destro della cornice è riportato una specchietto con i valori della declinazione magnetica (fig. 1-5) riferita all'anno dell'edizione, con i dati delle correzioni da apportare per l'orientamento con la bussola grazie ad un rapportatore disegnato generalmente lungo il lato destro del quadro.

Le tavolette sono le carte più utilizzate in speleologia nel posizionamento degli ingressi delle cavità o per studi di dettaglio di una zona: la fig. 1.5 mostra lo specchietto riassuntivo delle coordinate principali, in esse riscontrabili.
Negli ultimi anni, stanno sempre più affermandosi le cartografie tecniche alla scala 1:10.000 o 1:5.000.

Le coordinate dei vertici di questa carta nel reticolato italiano (proiezione Gauss-Boaga, ellissoide internazionale, or. M. Mario 1940) sono le seguenti:

VERTICE	FUSO OVEST		FUSO EST	
	EST	NORD	EST	NORD
N. O.			2419212	5076445
N. E.			2428921	5076295
S. O.			2419063	5067186
S. E.			2428786	5067035

Nella carta il reticolato italiano e' indicato nella cornice con i seguenti segni convenzionali: —• (E) —< (N)

Figura 1-4 Coordinate chilometriche

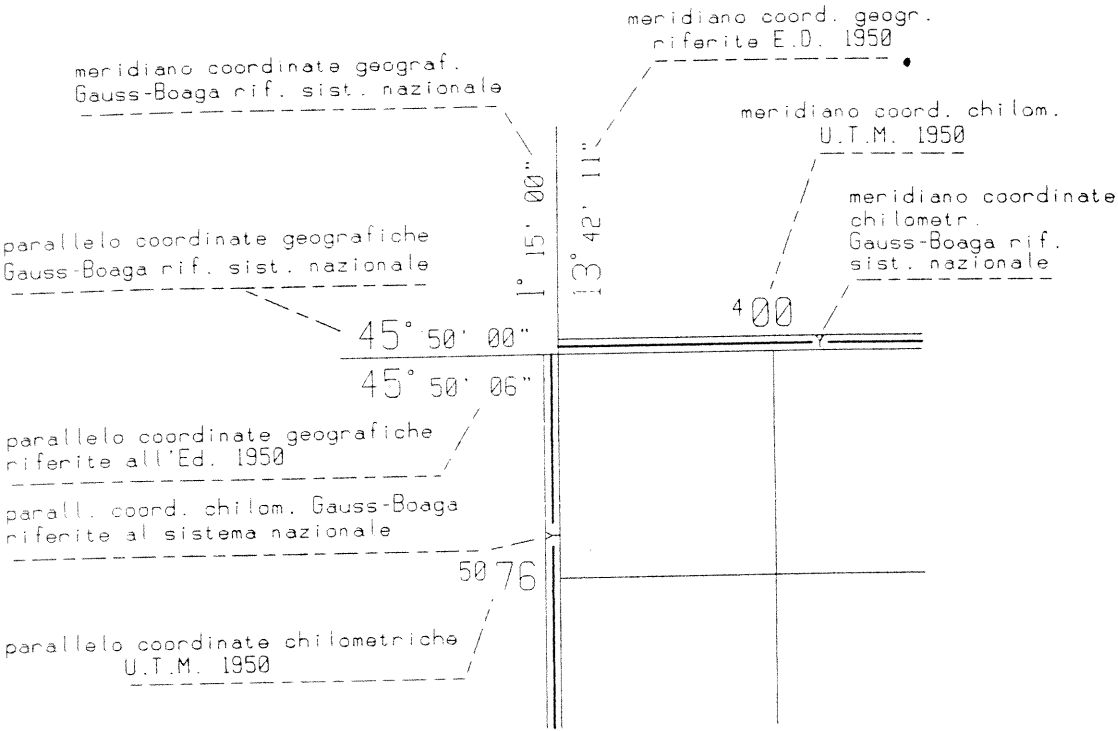



Figura 1-5 Specchietto riassuntivo

COORDINATE GEOGRAFICHE DI UN PUNTO

Un rilievo di una cavità non ha valore senza la definizione, più esatta possibile, della posizione del suo ingresso (o ingressi), sulla carta di riferimento, mediante un sistema di coordinate.

Le coordinate geografiche vengono indicate in gradi, primi, secondi di latitudine e longitudine.
Per la cartografia I.G.M. delle tavolette a scala 1:25.000 viene usata la proiezione di Gauss-Boaga riferita al sistema nazionale che ha per origine della graduazione dei meridiani, Monte Mario a Roma e per i paralleli l'equatore.
Perciò' si ottiene una latitudine sempre Nord e una longitudine o Est o Ovest.

Sulle tavolette in scala 1:25.000 I.G.M. la suddivisione ai lati della carta della latitudine e della longitudine è di 0,1' pari a 60".
Per la definizione di un punto all'interno dell'area di un primo di latitudine ed un primo di longitudine è necessario ricorrere o al sistema matematico di calcolo o all'utilizzo di un "coordinamometro".

CALCOLO MATEMATICO

Si hanno due proporzioni:

$$60'' \text{ latitudine} : L^1 = X^1 : L^\times$$

$$60'' \text{ longitudine} : L^2 = X^2 : L^\circ$$

dove:

L^1 = Lunghezza in mm di 60" di latitudine
L^2 = Lunghezza in mm di 60" di longitudine
X^1= centesimi di secondo di latitudine del punto P
X^2 = centesimi di secondo di longitudine del punto P
$L^\times$ = Lunghezza in mm di latitudine dal parallelo di riferimento al punto P
L° = Lunghezza in mm di longitudine dal meridiano di riferimento al punto P

Risolvendo le due proporzioni si ha:

$$X^1 = \frac{60'' \text{ lat.} * L^\times}{L^1} \qquad X^2 = \frac{60'' \text{ long.} * L^\circ}{L^2}$$

ESEMPIO PRATICO (fig. 1-6)

X^1 = ? X^2 = ?
L^1 = 75 mm (lunghezza di un primo di latitudine)
L^2 = 51,5 mm (lunghezza di un primo di longitudine)
$L^\times$ = 30 mm (distanza del punto P dal parallelo di riferimento)
L° = 29 mm (distanza del punto P dal meridiano di riferimento)

Applicando le formule precedenti si ha:

$$X^1 = \frac{60'' \text{ lat.} * 30 \text{ mm}}{75 \text{ mm}} = 24'' \qquad X^2 = \frac{60'' \text{ long.} * 29 \text{ mm.}}{51{,}5 \text{ mm}} = 33'',79$$

Perciò il punto "P" avrà come coordinate geografiche:

latitudine Nord 46° 34' 24" , longitudine Est 0° 47' 34"

CALCOLO MEDIANTE "COORDINAMOMETRO" (fig. 1-7)

Se non si vogliono eseguire calcoli matematici, è possibile usare uno speciale rapportatore per tavolette 1:25.000, reperibile nei migliori negozi di articoli tecnici e da disegno, realizzato generalmente in materiale plastico trasparente.

Per l'assegnazione dei secondi di grado dopo lo svolgimento della proporzione, è sufficiente osservare che sulle tavolette in scala 1:25.000, i 00"5 corrispondono a circa 12 m nella realtà'.

COORDINATE CHILOMETRICHE DI UN PUNTO

Le coordinate chilometriche differiscono dalle coordinate geografiche esclusivamente per la numerazione e suddivisione dei meridiani e dei paralleli.

La suddivisione della latitudine e della longitudine sulle tavolette in scala 1:25.000 I.G.M., è ogni 1000 m e la carta viene divisa, così, in quadrati il cui singolo lato è lungo 4 cm.

Il calcolo delle coordinate di un punto è simile a quello per le coordinate geografiche. Nella parte inferiore sinistra di ogni tavoletta I.G.M. è presente una tabellina che riporta le coordinate dei vertici della carta, grazie a cui è possibile risalire alle singole latitudini e longitudini.

ESEMPIO PRATICO (fig. 1-8)

Coordinate chilometriche desunte dalla carta 1:25.000 I.G.M.:

2365000 m E, 5169000 m N

Misure in millimetri delle distanze da tali coordinate del punto "P":

15 mm E, 20 mm N

Trasformazione dei millimetri misurati in metri reali (1 mm = 25 m):

15 mm E = 375 m E, 20 mm N = 500 m N

Il punto "P" ha come coordinate chilometriche:

longitudine 2365375 m E e latitudine 5169500 m N

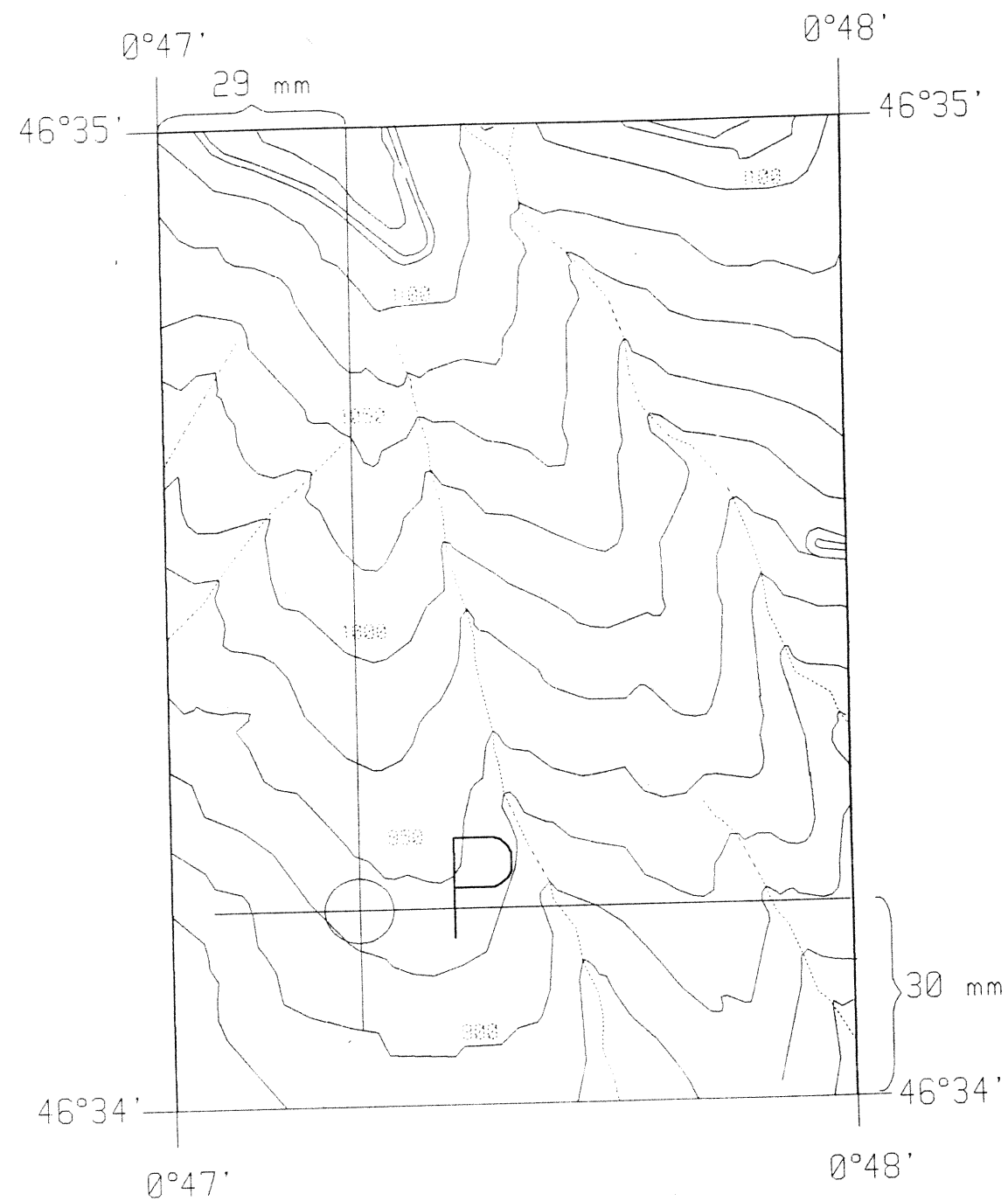
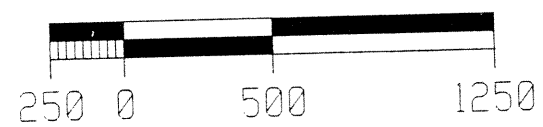



Figura 1-6 Calcolo coordinate geografiche

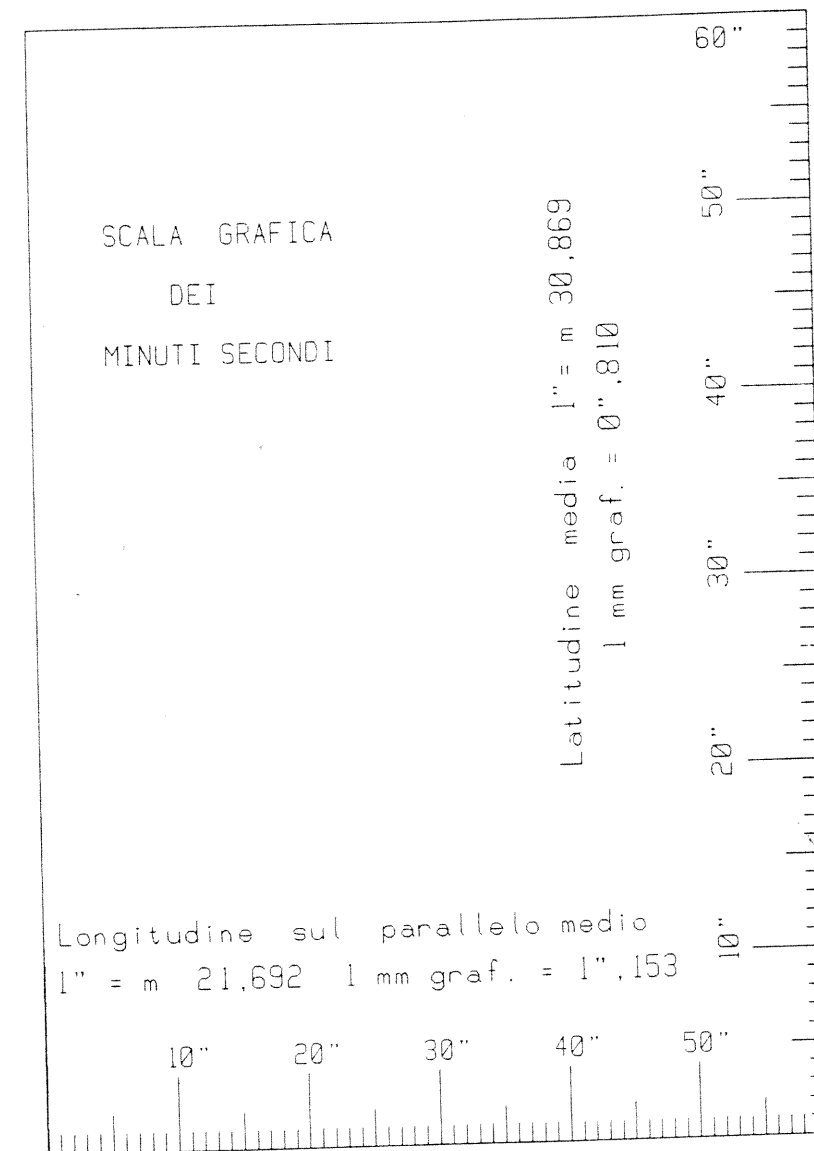



Figura 1-7 Coordinamometro

STRUMENTI TOPOGRAFICI

Misurazione diretta: Nastro metrico in rotella (bindella), topofilo, ...
Misurazione indiretta: Teodoliti, telemetri ottici, distanziometri elettronici,
Misurazione di angoli orizzontali: Bussole (da miniera a sospensione, Bezard, Suunto, Sisteko, Sokkisha, Auto Helm, ...
Misurazione di angoli verticali: Eclimetri a sospensione, clinometri (Suunto e Clinomaster), livelli (Abney), torica o orizzontale, sferica, ...
Altimetri (Thommen), ...

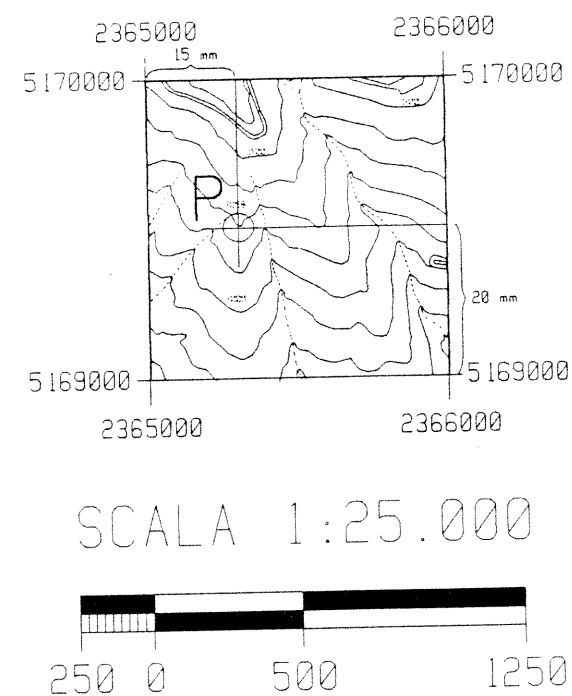



Figura 1-8 Calcolo coordinate chilometriche

CAPITOLO 2 - TOPOGRAFIA ESTERNA

COORDINATE POLARI

Le coordinate polari sono le coordinate di un punto su un piano: sono identificate da una direzione (angolo azimutale) e da una misura lineare (distanza in metri), la cui origine è un punto noto e visibile segnato sulla carta e quotato (fig. 2-1)

COORDINATE CARTESIANE

Sono caratterizzate da due numeri che rappresentano la distanza in metri, su un piano cartesiano di assi X e Y, la cui origine e' il punto "O".

Il piano è diviso in quattro quadranti denominati, in senso orario e con origine in alto a destra: I, II, III, IV.
La figura 2-2 mostra come i valori delle coordinate x e y cambino segno, secondo il quadrante di appartenenza.

Il sistema di rappresentazione di un punto mediante le sue coordinate cartesiane sembra più complicato rispetto alle coordinate polari, ma risulta essere il più esatto perché è esente dagli errori grafici di accumulo, tipici dell'altro sistema.

E' comunque possibile trasformare le coordinate polari in coordinate cartesiane applicando le seguenti formule trigonometriche:

$x = L * \text{sen } Ø$ (dove L = lunghezza e Theta = angolo azimutale)
$y = L * \cos Ø$

Volendo, invece, trasformare le coordinate cartesiane in coordinate polari, si applicheranno le seguenti formule trigonometriche:

$$\text{tg } Ø = \frac{x}{y}$$ che darà' l'angolo azimutale

$$L = \frac{x}{\text{sen } Ø}$$ che darà' la distanza dal punto "P"

In base ai segni delle coordinate x e y, occorrerà aggiungere 90°, 180°, 270° (secondo il quadrante di appartenenza), al valore ottenuto con la formula dell'angolo azimutale.

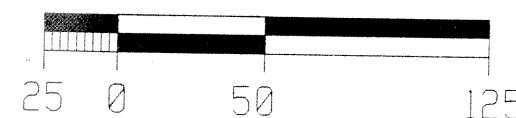
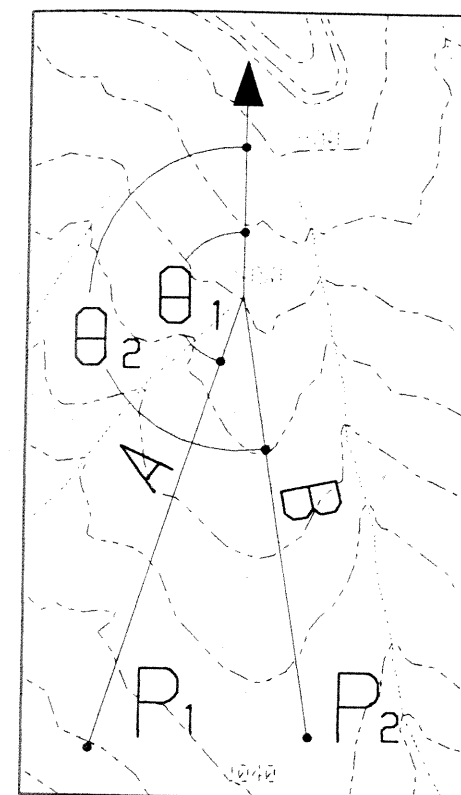
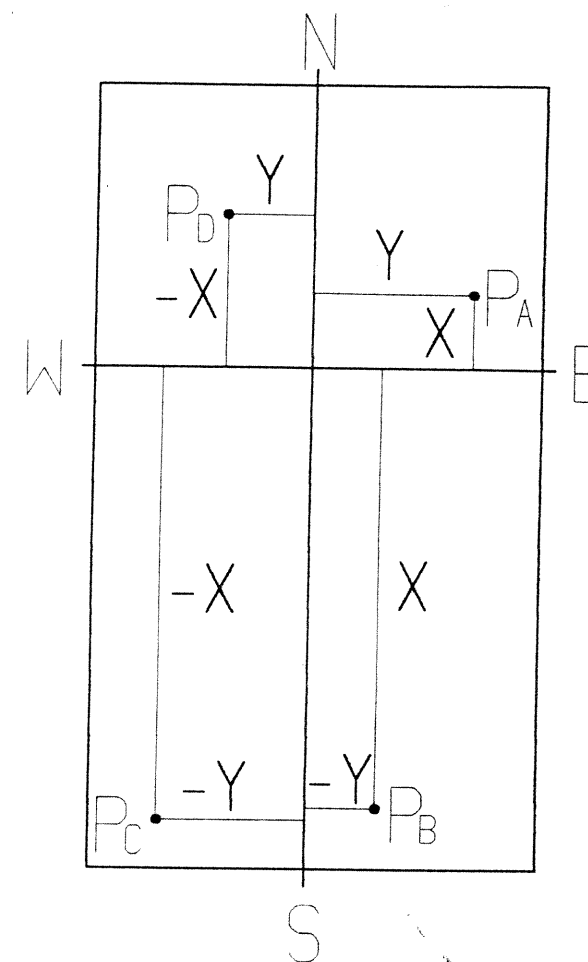



Fig. 2-1 Coordinate polari

Fig. 2-2 Coordinate cartesiane

POLIGONAZIONI

La poligonazione consiste nel collegare tutti i punti da misurare in modo da formare una linea spezzata, detta "poligonale", della quale si misurano tutti gli angoli e tutti i lati.

Ogni lato della poligonale viene definita "battuta" ed è composto da tre dati fondamentali: la distanza fra i due vertici (L), l'angolo di elevazione che tale lato forma con il piano orizzontale (detto angolo verticale) e l'angolo azimutale (fig. 2-3).

I "caposaldi" sono i singoli vertici della poligonazione e sono indicati con numeri o con lettere dell'alfabeto, in ordine progressivo. Sul terreno possono essere individuati da chiodi, picchetti, ... o con una scritta sulle rocce; l'importante è che da un caposaldo si possano vedere il precedente e il seguente.

La lunghezza di ogni lato di una poligonale dovrebbe essere di lunghezza uniforme, (lati molto corti influiscono sensibilmente sulle misure angolari e favoriscono gli errori di puntamento degli strumenti).

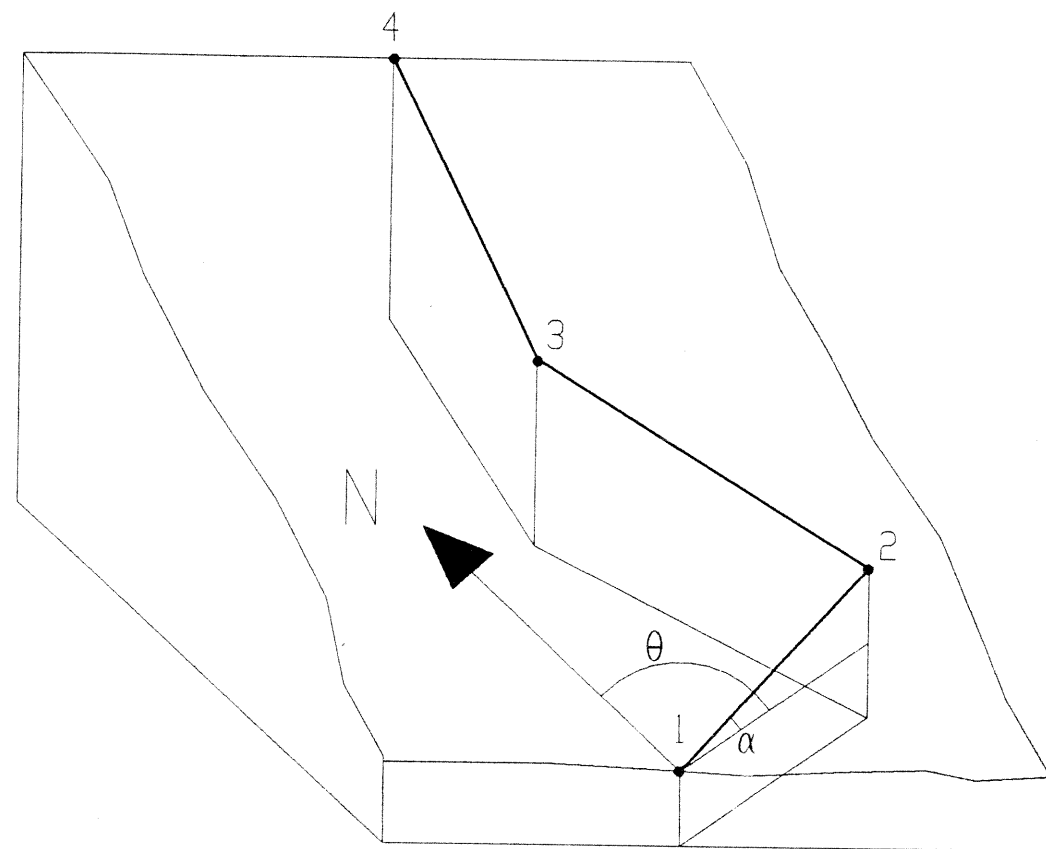



Figura 2-3 Poligonazione

Per una maggiore precisione, le misure di distanze e di azimut dovrebbero essere eseguite due volte: una all'andata e una al ritorno.
Se, confrontando le due misure di uno stesso lato, la loro differenza non risultasse maggiore della tolleranza voluta, si assumono, come validi, il valore della loro media matematica.

Tutti i dati ricavati dalla poligonazione sul terreno, vengono riportati su un quaderno di campagna "dedicato", formato da una serie di fogli numerati progressivamente con riportata una tabellina del tipo in figura 2-4, dove nella colonna:

- 1 viene indicato il numero progressivo di caposaldo (0-1, 1-2, ...)
- 2 viene indicata la distanza in metri tra due caposaldi (L)
- 3 viene indicato l'angolo verticale del dislivello
- 4 viene indicato l'angolo azimutale
- Nella riga superiore vengono riportate le misure in andata
- Nella riga inferiore vengono riportate le misure al ritorno.

Figura 2-4 Tabella per il riporto della poligonale

RIPORTO GRAFICO

Poiché ogni singola battuta è caratterizzata dalla distanza fra due punti (caposaldi) e da un angolo di elevazione (i caposaldi sono quasi sempre posti su piani diversi e quindi a quote diverse), occorre dapprima calcolare le singole proiezioni sul piano orizzontale (distanza reale in proiezione) e sul piano verticale (dislivello tra i due caposaldi), (fig. 2-5).

proiezione sul piano orizzontale: $D = L * \cos \alpha$

proiezione sul piano verticale: $h = L * \text{sen}\, \alpha$

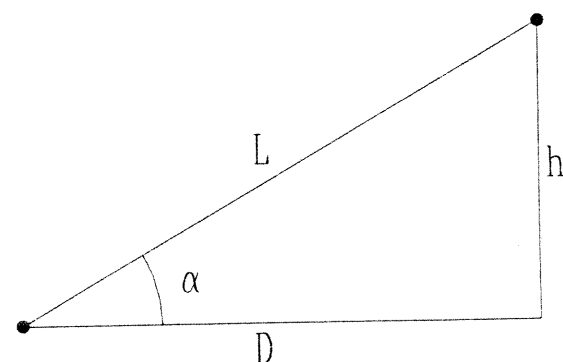



Figura 2-5 Triangolo rettangolo

Il riporto grafico della poligonazione implica il ricorso a formule trigonometriche come segue:

- Distanza reale in proiezione = lunghezza misurata * cos(angolo di elevazione)

- Dislivello tra due vertici: lunghezza misurata * sen(angolo di elevazione).
A questo dislivello andranno, poi, aggiunte l'altezza dello strumento e sarà sottratta l'altezza del punto collimato.

Il riporto grafico manuale, ampiamente spiegato nel Capitolo 4, è il metodo di restituzione più semplice e sbrigativo, ma risulta di notevole imprecisione.

Infatti ogni caposaldo della poligonale, successivo al primo, viene ricavato tramite misure angolari e di distanza prese dal caposaldo precedente: ne deriva che tutti gli errori grafici si accumulano progressivamente a mano a mano che si procede nel disegno.
Inoltre si aggiungono gli errori, non trascurabili, dovuti alle imperfezioni del disegno manuale o alla non costante attenzione operativa del disegnatore: matite con punta non sempre affilata, uso di mine di durezza non appropriata, strumenti usati in modo scorretto o non ben allineati con i punti notevoli, portano ad un disegno definitivo che appaga visivamente l'operatore ma che nascondono grossolani errori, invalidando, così, la precisione dell'intero lavoro e attendibilità dei risultati.

E' possibile invece ottenere la massima precisione grafica, ricorrendo al sistema di calcolo computerizzato (spiegato nel Capitolo 5), e definendo le coordinate lungo le tre direzioni di un sistema di assi cartesiani (x, y, z), in cui si trovano i caposaldi, rispetto al vertice di partenza della poligonale. In questo modo le coordinate polari, concatenate tra loro dalla poligonale (o esterna, o ricavata dal rilevamento ipogeo), sono trasformate in coordinate cartesiane che assumono valore zero al primo caposaldo.

NOZIONI TEORICHE FONDAMENTALI

Siano date nello spazio una terna di rette orientate, perpendicolari tra loro e intersecantesi in un punto che origina un sistema di ascisse su ciascuna delle tre rette.

La retta orientata nel senso dell'altezza è detta asse delle z, la retta orientata nel senso della lunghezza asse delle x, la retta orientata nel senso della profondità asse delle y (fig. 2-6).

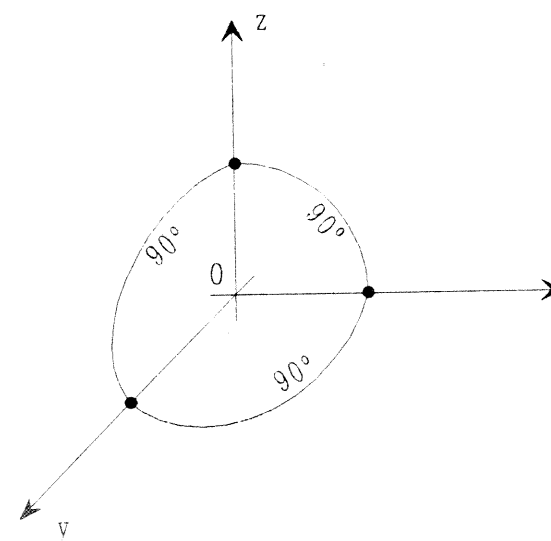
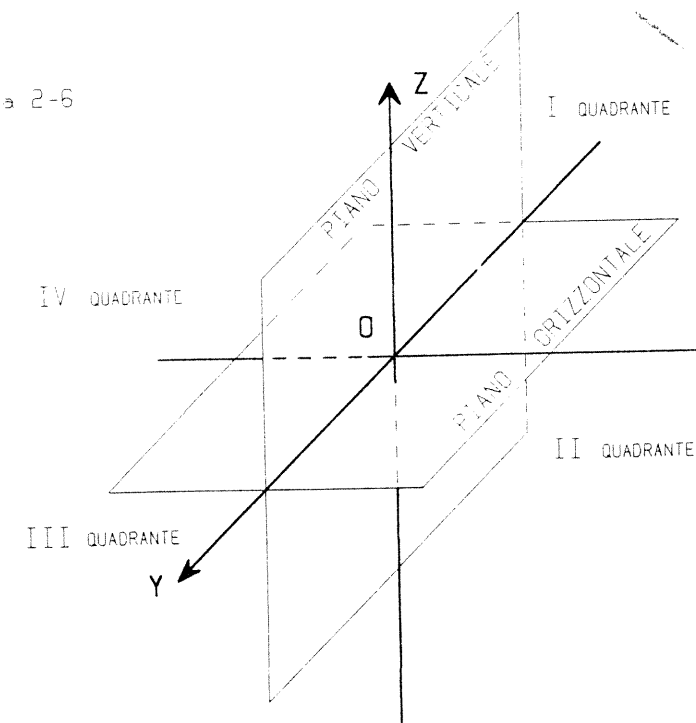



Figura 2-7

Un punto P posto nello spazio ha tre coordinate: una relativa all'asse delle x, una all'asse delle y ed una all'asse delle z.

Ad esempio un punto posto nel primo quadrante, avrà coordinate x, y, z positive; un punto posto nel secondo quadrante, avrà coordinate x, y positive e z negativa; un punto posto nel terzo quadrante, avrà coordinate x, z.

Questi tre assi di riferimento determinano nello spazio due piani di proiezione: il piano verticale originato dagli assi y e z, il piano orizzontale dagli assi y e x (fig. 2-7).

Un punto P (fig. 2-8) ha note le sue coordinate polari e cioè:
la distanza fra P e il vertice d'origine di un sistema di assi cartesiani (OP),
l'angolo azimutale che il lato OP forma su una direzione del piano orizzontale (γ),
l'angolo verticale che il lato OP forma con lo stesso piano orizzontale (α).

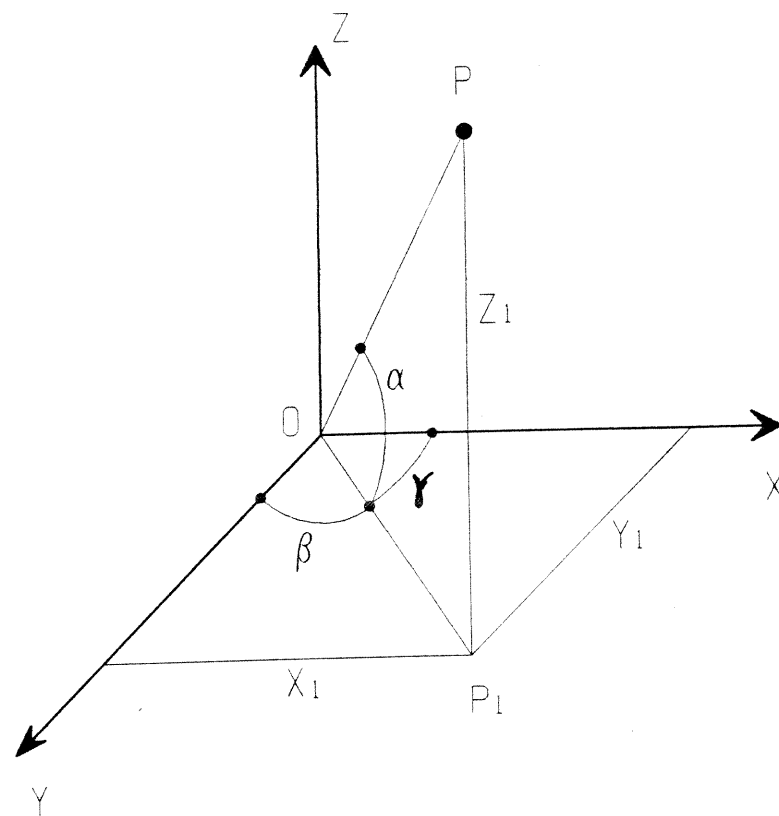



Figura 2-8 Trasformazione delle coordinate polari in cartesiane

lettera greca	nome italiano
α	alfa
γ	gamma
β	beta

Da determinare sono le coordinate del punto P (X,Y,Z) rispetto al vertice d'origine del sistema di assi cartesiani.

La proiezione sul piano orizzontale (x,y) del punto P, delinea il lato OP^1 la cui lunghezza è:

$$OP^1 = OP * \cos \alpha$$

La proiezione sul piano verticale (z) del punto P, delinea il lato PP^1 la cui lunghezza è:

$$PP^1 = OP * \text{sen}\ \alpha$$

Le coordinate di tipo cartesiano del punto P sono:

$$X = OP^1 * \cos \gamma$$
$$Y = OP^1 * \text{sen}\ \gamma$$
$$Z = PP^1$$

Sostituendo le prime due formule alle coordinate si ha:

$$X = OP * \cos \alpha * \cos \gamma$$
$$Y = OP * \cos \alpha * \cos \gamma$$
$$Z = OP * \text{sen}\ \alpha$$

E, con l'angolo γ orientato lungo l'asse delle y in senso sinistrorso, le coordinate diventano:

$$X = OP * \cos \alpha * \text{sen}\ \beta$$
$$Y = OP * \cos \alpha * \cos \beta$$
$$Z = OP * \text{sen}\ \alpha$$

Una poligonazione può venire considerata come una linea spezzata orientata nello spazio, con origine dal punto "O" di origine di un sistema di assi cartesiani (fig. 2-9).
Di tale linea spezzata si conoscono le singole lunghezze delle sue parti rettilinee e per ognuna di queste le direzioni angolari rispetto al piano verticale di proiezione (α^1, α^2, ...) e a quello orizzontale (β^1, β^2, ...)

NOTA
L'asse di riferimento del piano orizzontale è l'asse delle y.

Per il riporto grafico della poligonazione, si devono calcolare i valori delle coordinate assolute (X, Y, Z) dei punti (P^1, P^2, ...) rispetto al vertice "O" di origine degli assi.

Inizialmente occorre calcolare le coordinate x, y, z con le formule trigonometriche già viste:

Coordinate del punto P^1:

$x^1 = L^1 * \cos a^1 * \text{sen}\, \beta^1$
$y^1 = L^1 * \cos \alpha^1 * \cos \beta^1$
$z^1 = L^1 * \text{sen}\, \alpha^1$

Coordinate del punto P^2:

$x^2 = L^2 * \cos \alpha^2 * \text{sen}\, \beta^2$
$y^2 = L^2 * \cos \alpha^2 * \cos \beta^2$
$z^2 = L^2 * \text{sen}\, \alpha^2$

Le coordinate assolute del punto P^1 rispetto al vertice O, sono:

$X^1 = x^1$
$Y^1 = y^1$
$Z^1 = z^1$

Le coordinate assolute del punto P^2 rispetto al vertice O, sono:

$X^2 = X^1 + x^2$
$Y^2 = Y^1 + y^2$
$Z^2 = Z^1 + z^2$

....

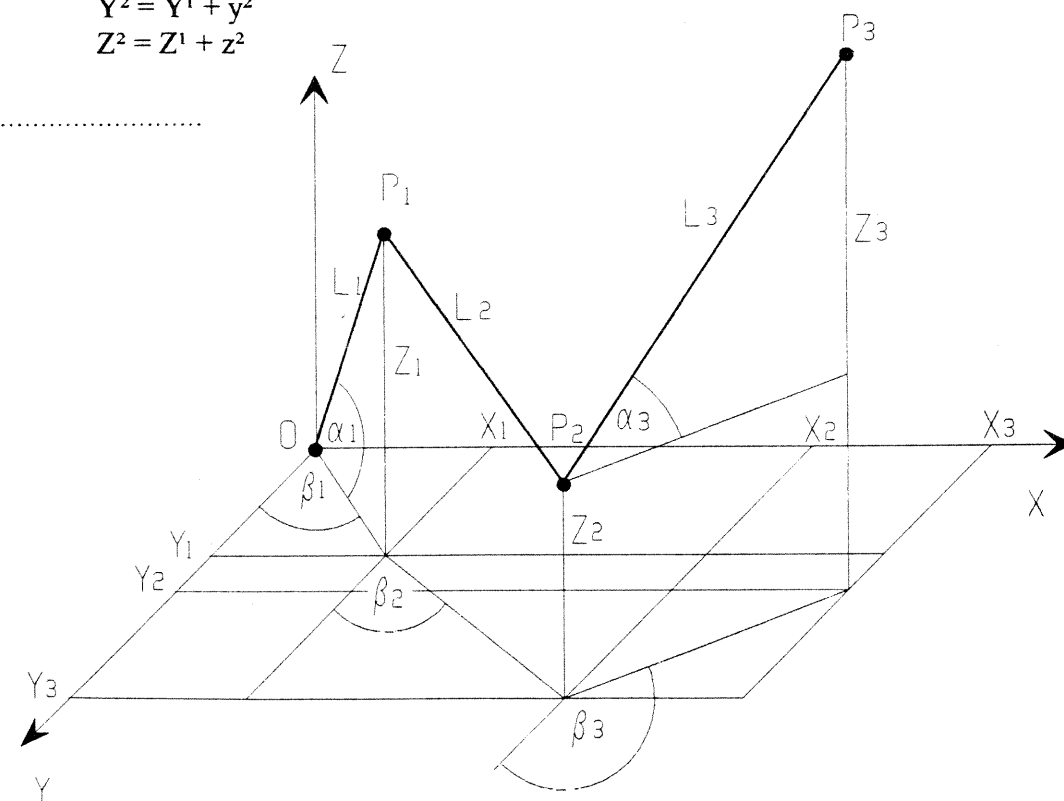



Figura 2-9 Linea spezzata orientata

RIPORTO DELLE COORDINATE CARTESIANE

Tutti i dati di una poligonazione ed i calcoli per il riporto matematico dei vertici, vanno trascritti in una apposita tabellina (fig. 5-5), dove la colonna:

- 1 indica la successione dei caposaldi (0 - 1, 0 - 2, ecc.),
- 2 indica la distanza misurata tra i caposaldi, in metri
- 3 indica l'angolo azimutale del caposaldo,
- 4 indica l'angolo verticale del caposaldo,
- 5 indica le coordinate relative lungo l'asse delle x dei caposaldi, (x)
- 6 indica le coordinate assolute lungo l'asse delle x dei caposaldi, (X)
- 7 indica le coordinate relative lungo l'asse delle y, (y)
- 8 indica le coordinate assolute lungo l'asse delle y, (Y)
- 9 indica le coordinate relative lungo l'asse delle z, (z)
- 10 indica le coordinate assolute lungo l'asse delle z, (Z).

NOTA BENE

Le coordinate, relative ed assolute dei caposaldi, devono essere riportate nella tabellina, in linea con le misurazioni fra la battuta precedente e quella seguente (es.: coordinate del caposaldo n°. 1 fra la battuta numerata con 0 - 1 e 1 - 2).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	L	theta	alfa	x	X	y	Y	z	Z
N°.	metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri

Figura 2-10

POLIGONALE CHIUSA

Una poligonaleè chiusa quando partendo da un caposaldo di partenza, attraverso una serie di battute, si arriva allo stesso vertice (es. da 0-1 a 4-5 e da 5-4 a 1-0); si delimita, così un perimetro che ha il numero di lati uguale al numero di battute.
Dopo avere trasformato le coordinate polari concatenate tra loro, in coordinate cartesiane, il caposaldo di partenza della poligonale deve coincidere con quello di arrivo.
Di norma questo non accade, anche se tutte le misure sono state assunte correttamente, come denota la fig. 2-11.

Si ha, infatti, una differenza tra le coordinate x, y, z del punto "0" e quelle del punto "9". Se il valore di ogni coordinata finale supera dell' 1% la somma delle distanze tra tutti i caposaldi, si ricorre alla compensazione degli errori.

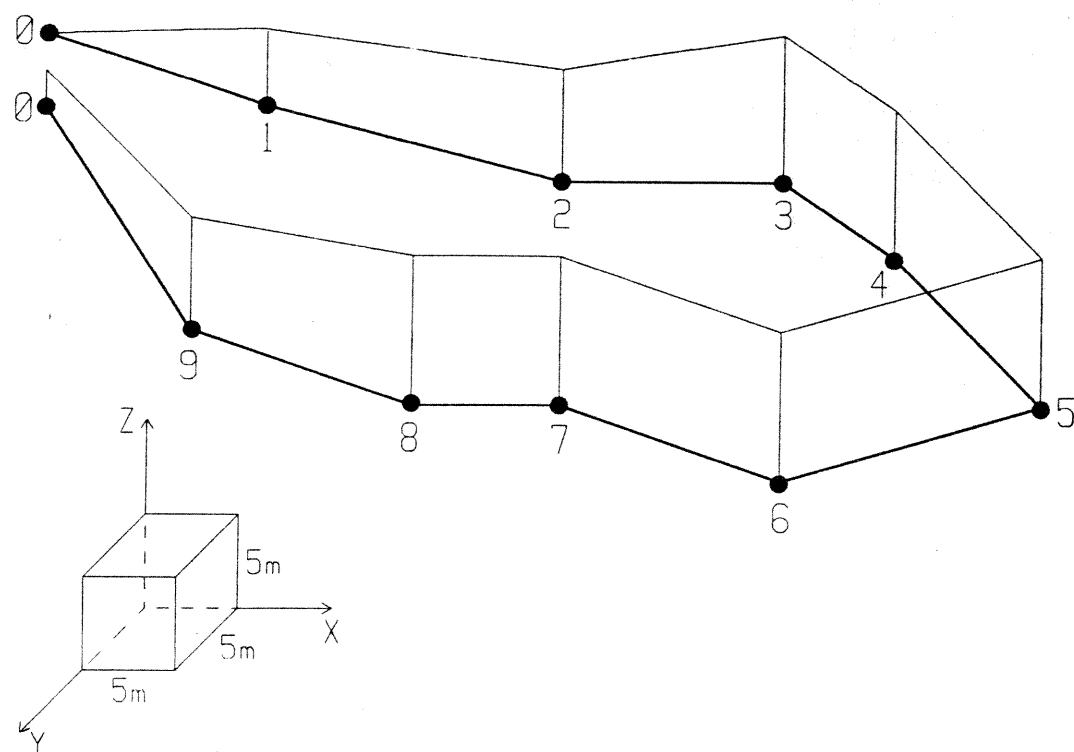



Figura 2-11 Poligonale chiusa

COMPENSAZIONE DEGLI ERRORI

La compensazione avviene in due fasi e coinvolge le tre variabili base (distanza tra i caposaldi, angolo verticale e angolo azimutale)

Nella prima fase si corregge la planimetria della poligonale, il cui errore di chiusura è dato dal valore della differenza della coordinata assoluta x e y al caposaldo "9" rispetto al valore di x e y, che, al caposaldo "0", erano nulle.
Il calcolo, non spiegato passo dopo passo in questa sede, consiste nel ripartire, in modo proporzionale, le differenze ottenute tra ogni singolo valore della proiezione planimetrica di ogni lato della poligonale, in relazione alla lunghezza planimetrica totale.
I nuovi valori delle coordinate assolute di x e y, sono X1 e Y1 che saranno nulli al caposaldo di arrivo "0".

Nella seconda fase, se il valore di z del caposaldo "9" è maggiore della tolleranza massima sul punto "0", che era nullo, si corregge l'angolo verticale in funzione delle singole proiezioni planimetriche ricavate nella prima fase.
Il calcolo consiste nel ripartire, in modo proporzionale, ogni singolo valore della coordinata z della proiezione planimetrica di ogni lato della poligonale, in relazione alla lunghezza planimetrica totale.
Se il nuovo valore Z1 della coordinata z, fosse ancora maggiore della tolleranza, si ripete il calcolo della seconda fase, e si otterrà il valore finale Z2 della coordinata z, che è nullo.

Al termine dell'analisi le coordinate x, y, z al punto "0", coincidono con le relative coordinate X2, Y2, Z2 e assumono valore 0 (zero).

POSIZIONAMENTO DI UNA CAVITÀ SU CARTA TOPOGRAFICA 1:25.000 I.G.M.

Si ha una duplice casistica:
1- La cavità si trova in un luogo da cui sono visibili due o più punti noti.
2- La cavità si trova in prossimità di un'altra grotta di cui si conoscono latitudine e longitudine o le coordinate geografiche e la quota, oppure vicino ad un punto notevole ben individuabile sulla carta topografica, oppure non lontano da un punto noto individuato in precedenza.

CAVITÀ IN VISTA DI PIÙ PUNTI NOTI

Il metodo consiste nel traguardare almeno due punti noti (campanili, torri, cime di monti, ecc.), ben visibili dall'ingresso della cavità da posizionare e di certa individuazione sulla carta topografica, con una bussola con precisione al mezzo grado.
Dopo aver collimato ogni punto, si sottrae 180° da ogni lettura e si riporta ogni direzione tramite un goniometro orientato lungo l'asse N-S della carta, sulla stessa carta topografica, tenendo conto della declinazione magnetica della zona interessata.
Difficilmente le direzioni convergeranno in un unico punto e il poligono formato dal loro incrocio, (se i punti sono più' di due), determinerà la posizione della cavità con una approssimazione di qualche metro.

L'altimetro, comunque, fornirà l'indicazione dell'altezza in metri s.l.m. della cavità.

ESEMPIO PRATICO

Da un punto sono stati collimati con la bussola tre punti notevoli definiti dalle quote:
quota 352 --> azimut 324°
quota 371 --> azimut 3°
quota 356 --> azimut 66°

La declinazione magnetica, riportata sulla carta per l'anno 1975, era di 2°35' e la sua variazione annuale è +3'.
Poiché gli anni trascorsi dal 1975 al 1994 sono 24, la declinazione magnetica, per l'anno in corso, diventa:

2° 35' - (24 * 3') = 2° 35' - 72' = 1° 23'

Perciò gli angoli azimutali devono essere corretti di 1°23'.

NOTA BENE
Se il Nord magnetico fosse spostato a sinistra rispetto al Nord geografico, il valore di correzione avrebbe segno negativo.
Se il Nord magnetico fosse spostato a destra rispetto al Nord geografico, il valore di correzione avrebbe segno positivo.

Poiché il Nord magnetico è a sinistra rispetto al Nord geografico, il valore di correzione della declinazione magnetica è - 1° 23'.

Gli angoli azimutali rilevati diventano:

quota 352 --> azimut 324° - 1° 23' = 322° 37'
quota 371 --> azimut 3° - 1° 23' = 1° 37'
quota 356 --> azimut 66° - 1° 23' = 64° 37'

Per riportare i dati sulla carta topografica, occorre sottrarre 180° da ogni lettura, e cioè:

quota 352 --> 322° 37' - 180° = 142° 37'
quota 371 --> 1° 37' - 180° = 181° 37'
quota 356 --> 64° 37' - 180° = 244° 37'

Dopo avere riportato sulla carta topografica le tre direzioni, si nota che la cavità si trova all'interno del triangolo tracciato; ora, la sua posizione può essere individuata tramite le coordinate chilometriche.

CAVITÀ IN PROSSIMITÀ DI UN PUNTO NOTO

Occorre effettuare una poligonazione (aperta o chiusa), tra il punto noto e la cavità, riportando, per ogni caposaldo, la lunghezza, l'angolo azimutale e l'inclinazione.

Poiché il riporto finale sarà eseguito sulla carta topografica 1:25.000 o 1:10.000 o 1:5.000, è indispensabile che il disegno della poligonale, la conseguente riduzione in scala e la correzione della declinazione magnetica, vengano eseguiti con il metodo computerizzato; il metodo manuale risulta essere del tutto impreciso.

CAPITOLO 3 - TOPOGRAFIA IPOGEA

SCOPO DEL RILIEVO SPELEOLOGICO

Il rilievo speleologico consiste nella rappresentazione grafica di una cavità nelle sue tre dimensioni spaziali X, Y e Z, con una opportuna scala di riduzione.

Occorre perciò:

1- Effettuare una misurazione degli ambienti lungo i relativi assi principali e disegnare le sezioni trasversali
2- Misurare gli angoli azimutali (orizzontali) degli assi rispetto al Nord
3- Misurare gli angoli di inclinazione degli assi rispetto all'orizzonte.
4- Ricostruire, a tavolino e con l'opportuna scala di riduzione, lo schema grafico della cavità nelle sue sezioni principali (orizzontale o "planimetrica" e verticale o "altimetrica") e le sezioni trasversali, dove ritenute necessarie, per una migliore comprensione dell'andamento della cavità.

STRUMENTI ESSENZIALI

I principali strumenti attualmente più usati sono essenzialmente tre:

Bussola	misura gli angoli orizzontali
Clinometro	misura gli angoli verticali
Bindella	misura le distanze

Gli strumenti complementari, ma non per questo inutili, sono:
Illuminazione elettrica "ad hoc"
Quadernetto con pagine quadrettate per il rilievo speditivo
Due matite grasse e appuntite

BUSSOLA

La più diffusa in grotta è la Suunto a collimazione diretta, senza specchio, con cerchio graduato girevole solidale all'ago ed immerso in bagno d'olio; graduazione sessagesimale destrorsa con precisione al 1/2 grado.

Pro: Costruzione robusta, uso semplice.

Contro: Costo elevato, vetrino di mira molto piccolo con una spiccata propensione all'appannamento, occorre una adeguata illuminazione, altrimenti non si vede un "tubo", soffre parecchio se cade in acqua.

CLINOMETRO

Il più' diffuso in grotta è l'eclimetro a gravità Suunto il cui cerchio goniometrico è reso verticale da una piccola ma pesante massa metallica: riporta una scala doppia: una con i valori angolari di inclinazione da 0 a 90 gradi (con suddivisioni di un grado e lettura a stima dei 10'-15') e una con i

valori percentuali di pendenza da 0% a 155% (con suddivisioni di un punto percentuale sino all'80% e successivamente di due punti percentuali.

Pro: Costruzione robusta, uso semplice. precisione sufficiente.

Contro: gli stessi della bussola Suunto con in più' la propensione agli errori di lettura per lo scambio delle scale e per l'inversione del segno di inclinazione nel caso di deboli pendenze.

BINDELLA

E' un nastro di materiale plastico avvolto su una rotella che riporta una graduazione in centimetri; è preferibile usarne una da 20 metri.

Pro: Costruzione semplice ma valida.

Contro: Poiché l'infangamento e il continuo attrito contro la roccia sono inevitabili, è destinata ad una rapida perdita di leggibilità dei valori metrici impressi, con la conseguente necessità di sostituzione.
I valori letti sono validi solo se la fettuccia è ben tesa e non arrotolata.

SQUADRA PER IL RILIEVO

La squadra per l'esecuzione di un rilevamento speleologico di una cavità può essere composta da due o tre persone.
Queste devono lavorare con cognizione ed essere molto affiatate: maggiore è l'affiatamento e maggiore sarà la precisione ottenuta.
Con una squadra di tre persone, i compiti saranno così suddivisi: uno "strumentista", un "disegnatore" che trascrive i dati e un "misuratore" che misura le distanze e fa il punto sul traguardo di mira.
Con una squadra di due persone, la prima legge gli angoli azimut ali della poligonazione e disegna la pianta e la sezione trasversale del suo caposaldo; la seconda effettua la misura degli angoli di elevazione della poligonazione e le misure metriche tra i caposaldi.

ESEMPIO OPERATIVO DI RILEVAMENTO CON UNA SQUADRA DI DUE PERSONE

Composizione della squadra: operatore "A" (strumentista-disegnatore) e operatore "B" (misuratore e "traguardo personificato").

NOTA
Gli strumenti usati nell'esempio sono: bussola a collimazione diretta Suunto, eclimetro a gravita' Suunto e bindella metrica.

(A) Sul caposaldo di partenza (punto 0) tiene con una mano il capo della bindella e, al collo, il clinometro e la bussola.
(B) Tiene saldamente la rotella, permettendone lo srotolamento, e si dirige verso il caposaldo di arrivo (punto 1). Una volta arrivato, tende il nastro avendo cura che si trovi in aria e non appoggi sulla roccia in nessun punto, effettua la misura (ad es. 10 metri) e la comunica ad (A).

Mette la fiamma dell'acetilene esattamente sul caposaldo di arrivo, in modo che l'operatore A possa traguardarla.
(A) Ripete a voce alta la misura (10 metri) e la riporta sul quadernetto sotto la colonna 'Distanza'.
Riporta sotto la colonna 'Punti': 0 - 1.
Con il clinometro in posizione verticale e alla stessa altezza del caposaldo di partenza, mira la fiamma di (B): un occhio guarda in direzione della fiamma e l'altro effettua la lettura della scala con le tacche più distanziate.
Riporta il valore letto sul clinometro nella colonna 'Inclinazione'.
Se la galleria è in discesa annota un valore negativo (es. - 30 cioè "meno 30 gradi"), se è in salita un valore positivo (sempre preceduto da un "più"), (fig.3-1).

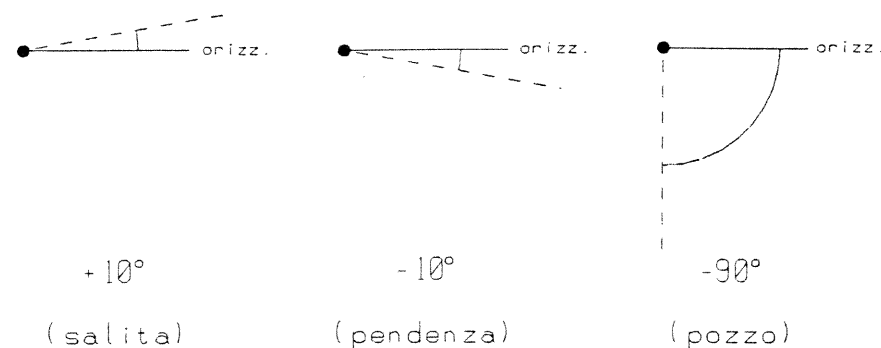



Figura 3-1 Angolo verticale

Prende la bussola e allontana gli oggetti metallici circostanti (anche il casco con l'impianto misto).
Con la bussola in posizione orizzontale (se la bussola è correttamente posizionata, sia sopra che sotto la striscia graduata rimane dello spazio libero; se la bussola non è orizzontale, occorre inclinare, in senso longitudinale, lo strumento), e sul caposaldo di partenza, mira la fiamma di (B): un occhio guarda in direzione della fiamma e l'altro effettua la lettura dei valori graduati più grandi; al numero letto aggiunge le tacche che restano per arrivare alla linea di lettura (es. 180 gradi + quattro tacche = 184 gradi). Il numero corretto è quello a destra (fig. 3-2).

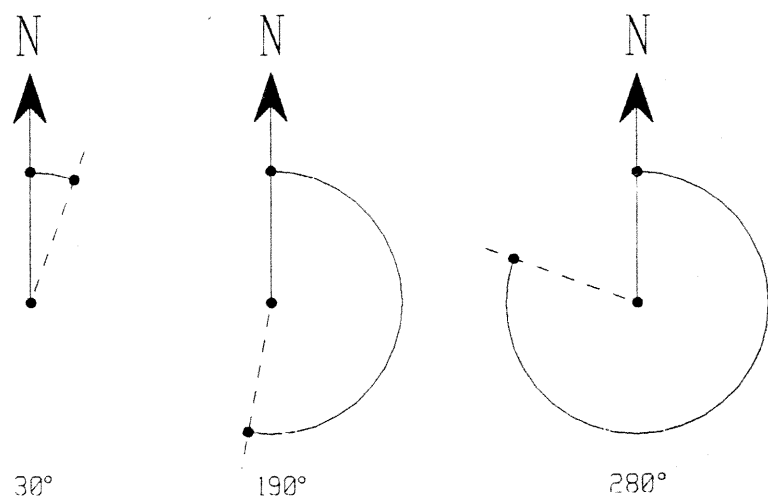



Figura 3-2 Angolo azimutale

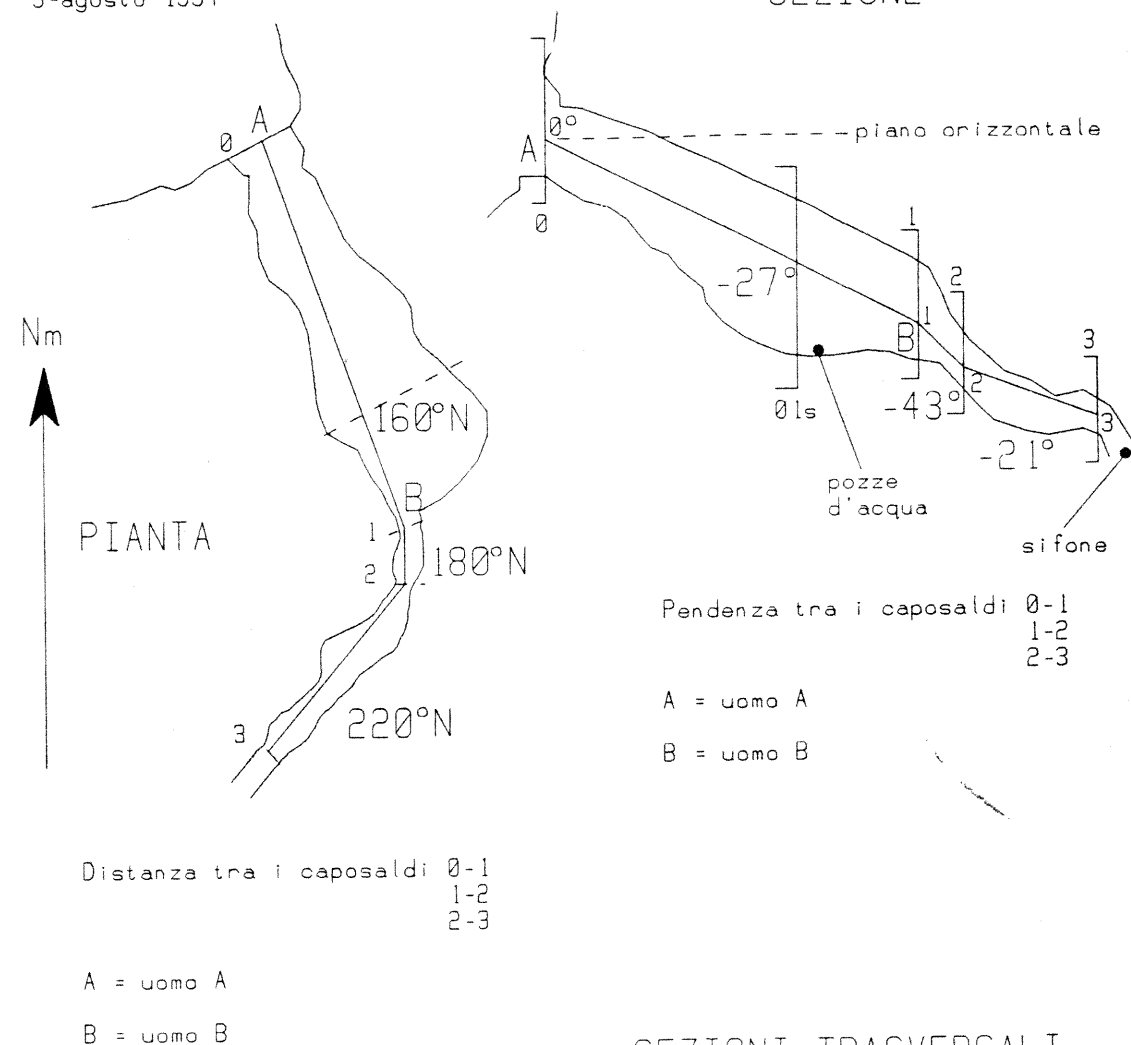
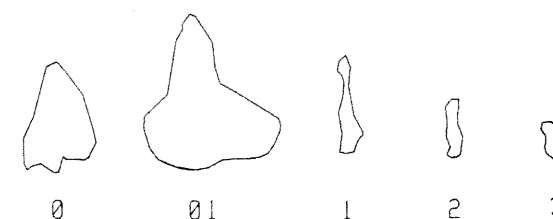



Figura 3-3 Esempio di riporto grafico speditivo

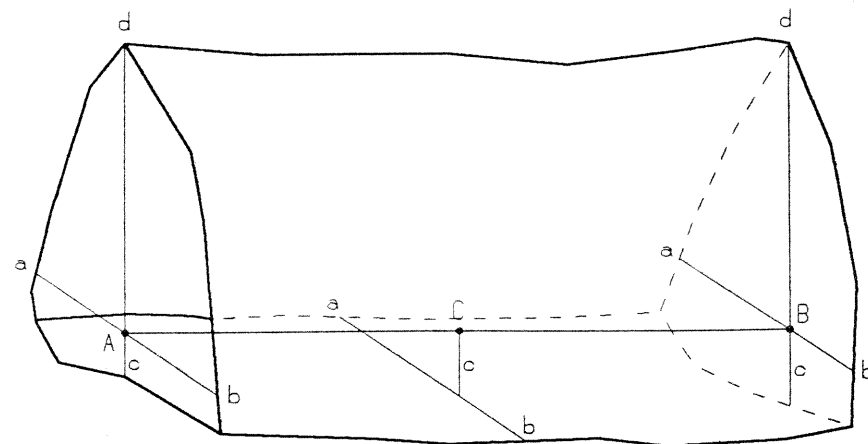
Riporta il valore letto sulla bussola nella colonna 'Nord'.
In corrispondenza del caposaldo, effettua lo schizzo della sezione trasversale.
(B) Riavvolge la bindella evitando, per quanto possibile, il suo aggrovigliamento.
Segna il caposaldo con nerofumo o altro.
(A) Si dirige verso il caposaldo 1 e, nel frattempo, traccia uno schizzo della pianta e del profilo della grotta (fig. 3-3).
Arrivato sul caposaldo 1, effettua, con l'aiuto di (B), le necessarie misure delle distanze tra il caposaldo 1 e: la parete di sinistra, la parete di destra, il fondo, la volta, ecc., secondo quanto riportato nella figura 3-4.

AB - Battuta della poligonale
AC - Distanza tra caposaldo e vertice da misurare
CB - Distanza tra vertice intermedio e caposaldo
Aa - Larghezza sinistra al primo caposaldo
Ab - Larghezza destra al primo caposaldo
Ac - Altezza dello strumento dal suolo
Ad - Altezza della volta dal caposaldo
Cc - Altezza dello strumento dal suolo
ca - Larghezza sinistra al vertice intermedio
cb - Larghezza destra al vertice intermedio
Ba - Larghezza sinistra al secondo caposaldo
Bb - Larghezza destra al secondo caposaldo
Bc - Altezza dello strumento dal suolo
Bd - Altezza della volta dal caposaldo

Figura 3-4 Parte di galleria e grandezze da misurare

Riporta sullo schizzo della sezione trasversale del caposaldo 1 le misure effettuate, aggiunge una breve descrizione (es. correnti d'aria, venute d'acqua, concrezioni, frane, ecc.).
Prende l'anello della bindella e lo posiziona sul caposaldo 1.
(B) Tenendo la rotella, si dirige verso il caposaldo 2.

... e così via per il resto della grotta.

RILEVAMENTO DI RAMI LATERALI

Se si trovasse una diramazione, occorre rilevarla partendo dal caposaldo corrispondente nella galleria principale.
In caso di poligonali secondarie brevi, ogni punto sarà numerato progressivamente o indicato con una lettera minuscola dell'alfabeto.
In caso di poligonali secondarie molto lunghe, la numerazione consiste di un numero di tre cifre di cui la prima rappresenta il vertice della poligonale principale e gli altri il numero del vertice secondario).
Ad esempio: 401 (vertice della poligonale principale n. 4, numero poligonale secondaria 01).

RILEVAMENTO DI SALE

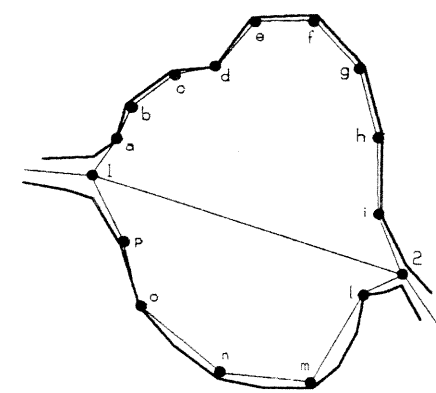
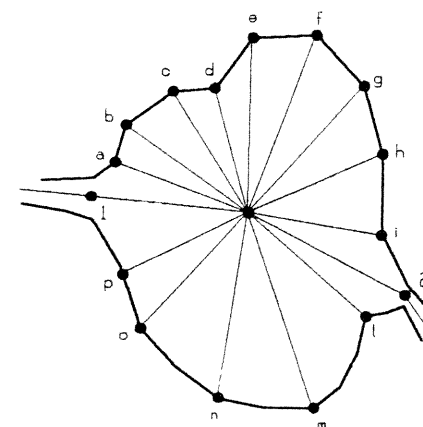
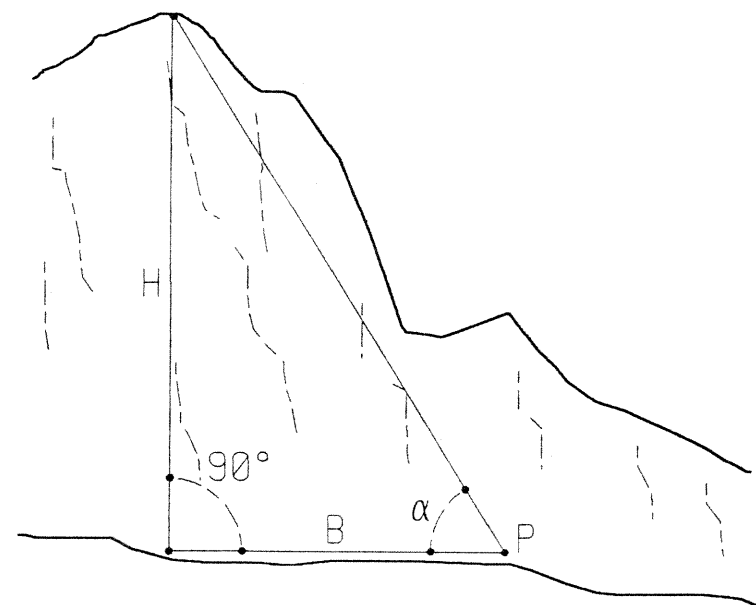
Per rilevare ampi spazi interni (caverne, sale, ecc.), si possono usare due metodi: o il sistema a poligonale chiusa, o quello per irraggiamento, (il più usato per rilevare saloni di grandi dimensioni).
A prescindere dal metodo usato, per ogni punto secondario occorrerà misurare l'azimut, la distanza e l'angolo di elevazione; inoltre ogni punto sarà contrassegnato da una lettera minuscola dell'alfabeto, (fig. 3-5).

RILIEVO DI
UNA SALA
MEDIANTE
POLIGONAZIONE
CHIUSA

RILIEVO DI
UNA SALA
MEDIANTE
POLIGONAZIONE
PER
IRRAGGIAMENTO

Figura 3-5 Rilievo di sale

MISURA INDIRETTA DELLE DISTANZE

Per misurare l'altezza della volta o la distanza di una parete inaccessibile di un ambiente sotterraneo, si deve ricorrere al sistema della misurazione indiretta: si effettua la misura di una base, si proietta da una estremità della base un fascio di luce il più possibile puntiforme verso la sommità della volta (o, in caso di parete laterale, verso la parete stessa) e, infine si misura dall'altra estremità l'angolo di elevazione traguardando il punto luminoso proiettato (fig. 3-6).
Tale sistema è di scarsa precisione per la difficoltà di rendere verticale (o comunque perpendicolare alla base) il raggio luminoso, ma è sicuramente sufficiente per la maggior parte dei rilievi speditivi.

$H = B * tg\ \alpha$

dove:

H = altezza da misurare
B = lunghezza nota
α = angolo di elevazione noto
P = punto di osservazione

Figura 3-6 Misurazione indiretta delle distanze

GRADO DI PRECISIONE DEI RILIEVI

A causa delle caratteristiche dell'ambiente sotterraneo e della precarietà delle condizioni in cui si effettua il rilievo, i dati riportati sono tanto più affidabili, quanto maggiore è l'intesa esistente tra i componenti della squadra, senza strafare: è infatti impensabile essere fiscali e pignoli nel voler riprodurre schizzi di ogni particolare della grotta; è invece importante essere il più precisi possibile nel misurare gli angoli azimutali e orizzontali (la cui approssimazione deve essere al massimo di 1 grado), e le distanze (la cui approssimazione minima deve essere di 3 cm).

Non occorre effettuare il rilievo della cavità tutto in una volta, è meglio rimandarne la sua esecuzione quando si è più freschi o più disposti a farlo.

MANUTENZIONE DEGLI STRUMENTI

Quadernetto - Occorre proteggerlo dal fango e dall'acqua per evitare che i dati contenuti vengano scoloriti e resi illeggibili.

Strumenti - Non sopportano l'acqua nonostante la loro apparente ermeticità.
All'esterno devono essere esposti all'aria e quindi spazzolati accuratamente, soprattutto nella zona dell'oculare. Se l'oculare dovesse scurirsi in modo allarmante, occorre provvedere alla loro (costosa) revisione.

Per favorire la lettura di bussola e clinometro in grotta, è possibile illuminarli con dei LED opportunamente disposti e alimentati con batteria separata (tenuta in tasca), oppure con gli "StarLight", come indicato nell'articolo, apparso sul numero 23 di Speleologia, di G. Sterbini dello Speleo Club Roma, oppure tramite fibre ottiche, come consiglia G. Badino nell'articolo "Note tecniche sparse" (vedi Bibliografia Essenziale), oppure ...

CAPITOLO 4 - RESTITUZIONE GRAFICA DEI DATI ASSUNTI

Questa trattazione prende in considerazione due metodi distinti: la prettamente manuale (disegno a tavolino) e la computerizzata (disegno computerizzato).
La prima è il sistema classico per disegnare i rilievi, di cui ci occuperemo in questo capitolo.
La seconda è il metodo che si auspica "prenda sempre più piede" e che ha indiscutibili vantaggi sul sistema classico (vedi capitolo 5).

SCALE UNIFICATE PER RILIEVI IPOGEI

Formato UNI A4 (210x297 mm)
- 1:100 Cavità con prof. max 20 m, svil. 20 m
- 1:200 Cavità con prof. max 50 m, svil. 40 m
- 1:500 Cavità con prof. max 200 m, svil. 100 m
- 1:1000 - 1:5000 Possono essere utilizzate per pubblicazioni

Formato UNI A3 (420x297 mm)
- 1:200 Cavità con prof. max 100 m, svil. 80 m
- 1:500 Cavità con prof. max 300 m, svil. 200 m
- 1:2000 - 1:5000 Possono essere utilizzate per pubblicazioni

Comunque le scale più utilizzate per i rilievi ipogei sono:

- 1:200 1 cm geometrico = 2 metri in grotta; questa scala viene usata per grotte di modeste dimensioni.

- 1:500 1 cm geometrico = 5 metri in grotta; questa scala è quella generalmente più usata.

- 1:1000 1 cm geometrico = 10 metri in grotta; questa scala serve per le grotte molto grandi.

DISEGNO A TAVOLINO - STRUMENTI NECESSARI

Un goniometro (rapportatore di angoli) di forma circolare diviso in 360 gradi e possibilmente in mezzi gradi di diametro non piccolo; la presenza di una ulteriore doppia scala, interna alla prima, da 0 gradi a 90 gradi e viceversa, non è indispensabile, anche se risulta molto comoda in fase di stesura della sezione longitudinale della cavità.

Una riga a "T".

Una squadretta in plastica trasparente di convenienti dimensioni.

Tre penne a china (tipo Rapidograph) con punte da 0,2 , 0,4 e 0,6 mm , (misure previste dagli "standard" di iconografia speleologica).

Una matita di durezza "H".

Una gomma di tipo plastico.

Un quaderno su cui ricopiare attentamente i dati provenienti dal quadernetto 'da grotta'.

Un foglio di carta millimetrata in formato A3 (42 x 30 cm).

Un nastro adesivo (tipo Scotch Magic).

PREPARAZIONE (fig. 4-1)

Posizionare correttamente sul tavolo il foglio di carta millimetrata con l'aiuto della riga a "T" e la squadretta; fissarne gli angoli con il nastro adesivo.

Segnare sul foglio il punto da cui iniziare a disegnare. Questo diventa il caposaldo "0". Scrivere a lato del punto uno "0".

Tracciare due linee perpendicolari che si intersecano sul punto "0".

NOTA BENE
Poiché' la grotta, di cui si deve effettuare il riporto grafico, è di modeste dimensioni, si sceglie la scala di riduzione 1:200 (un centimetro sulla squadretta = 2 metri reali) e i dati desunti dal quadernetto da grotta, e a cui si fa riferimento nei successivi paragrafi, sono quelli della tabella.

PUNTI	DISTANZA (metri)	AZIMUT (gradi)	INCLINAZIONE (gradi)
0-1	10,2	160	-30
1-2	1.2	180	-50
2-3	3,6	220	-25

DISEGNO DELLA SEZIONE LONGITUDINALE E DELLE SEZIONI TRASVERSALI

Uso del goniometro a scala singola (fig. 4-2)

Appoggiare il goniometro sul foglio in modo che il centro dello strumento coincida con il punto "0".

Posizionare il goniometro in modo che gli angoli 0, 90, 180, 270 coincidano con le linee: lo 0 in alto, 90 a destra, 180 in basso, 270 a sinistra.

Guardare il primo valore dell'inclinazione (-30) dai capisaldi 0 - 1.

Dal valore 90 del goniometro aggiungere (se il valore è negativo) 30 gradi; in corrispondenza del valore 120 del goniometro, fare un puntino sul foglio.
Un altro modo è quello di contare 30 tacche verso il basso partendo dal valore di 90 se l'inclinazione è negativa e, viceversa, contare 30 tacche verso l'alto se l'inclinazione è positiva.

Togliere il goniometro e allineare la squadretta tra il punto 0 di partenza e il puntino appena disegnato.

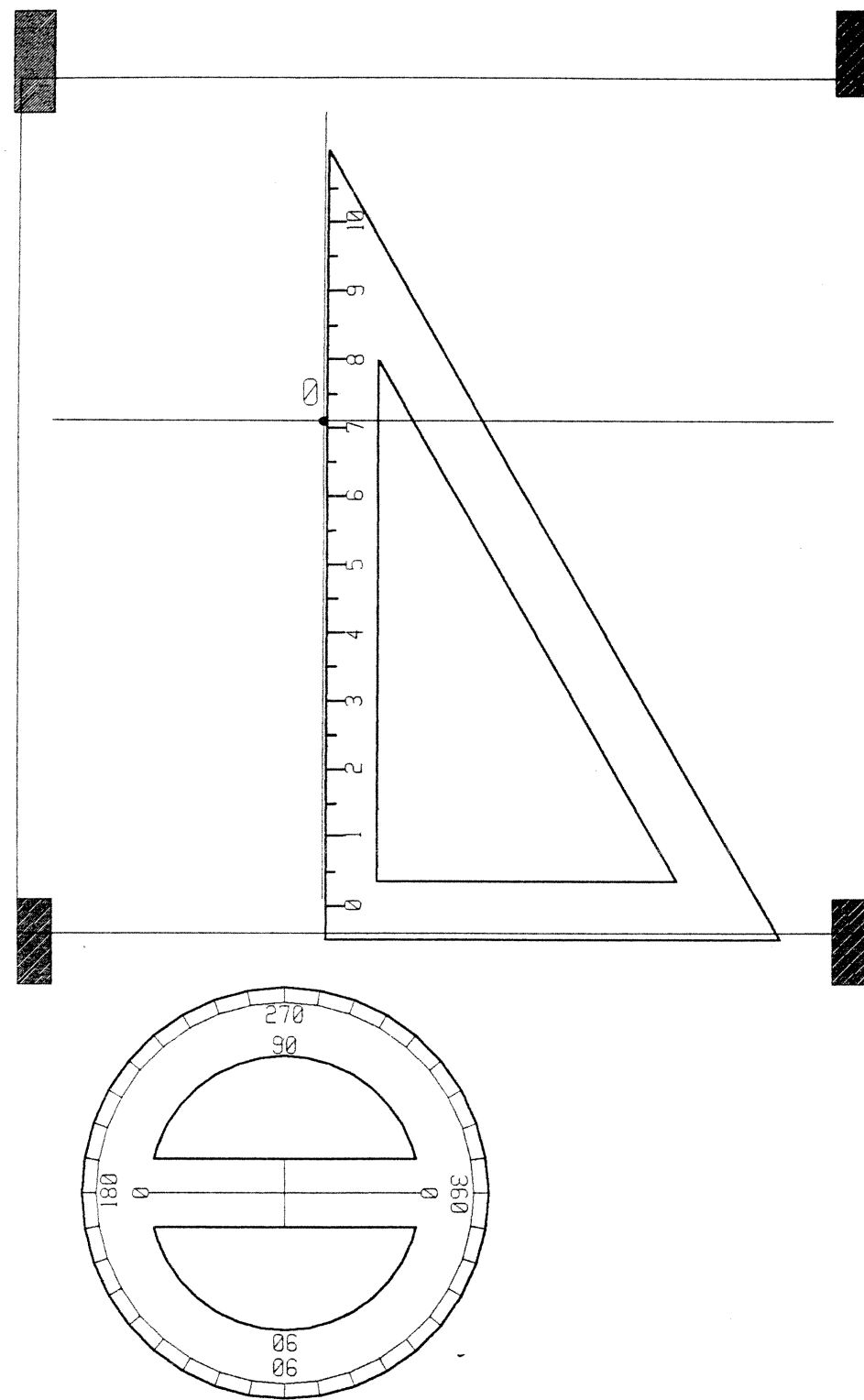



Figura 4-1 Preparazione

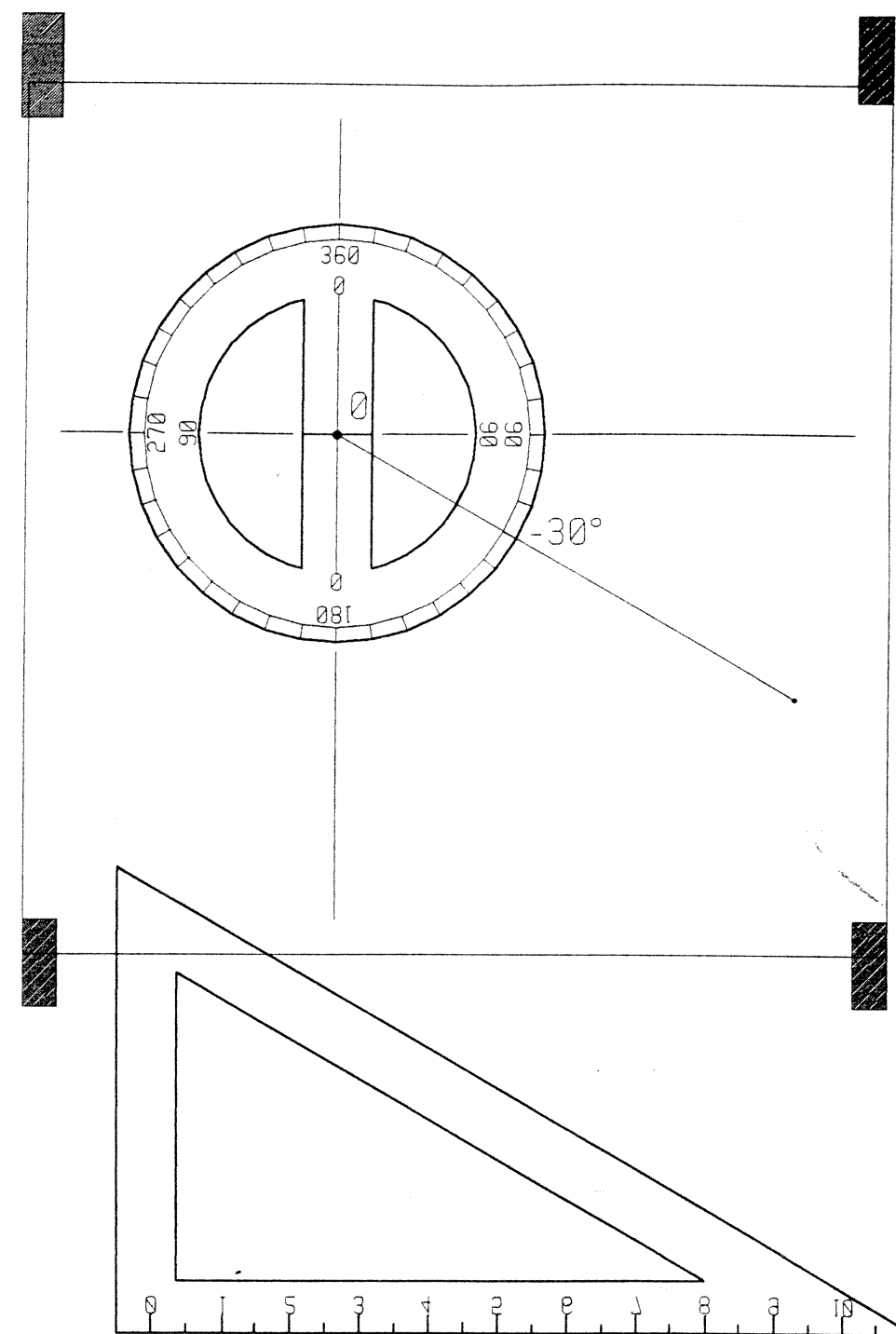



Figura 4-2 Uso del goniometro a scala singola

Tracciare una linea lunga 5,1 cm (10,2 metri in grotta = 5,1 centimetri sulla squadretta).

Numerare il nuovo punto trovato con "1". Questo è il caposaldo 1.

Cancellare il tratto di linea che non serve.

Uso del goniometro a scala doppia (fig. 4-3)

Con goniometro a scala doppia, il cerchio graduato usato per il riporto grafico della sezione longitudinale è quello interno. Mentre la parte superiore del goniometro serve a individuare le inclinazioni positive, la parte inferiore si utilizza per le inclinazioni negative.

Appoggiare il goniometro sul foglio in modo che il centro dello strumento coincida con il punto "0".

Posizionare il goniometro in modo che la retta riportata sulla parte mediana dello strumento, coincida con l'asse orizzontale e i valori 90 - 90 siano disposti lungo l'asse verticale (per riferimento, i valori della scala graduata esterna sono cosi' disposti: 270 in alto, 90 in basso, 180 a sinistra, 360 a destra).

Guardare il primo valore dell'inclinazione (-30) dai capisaldi 0 - 1.

Fare un puntino sul foglio, in corrispondenza del valore 30 sulla parte inferiore del goniometro.

Togliere il goniometro e allineare la squadretta tra il punto 0 di partenza e il puntino appena disegnato.

Tracciare una linea lunga 5,1 cm (10,2 metri in grotta = 5,1 centimetri sulla squadretta).

Numerare il nuovo punto trovato con "1". Questo è il caposaldo 1.

Cancellare il tratto di linea che non serve.

Posizionare il centro del goniometro sul nuovo punto 1 e ripetere le operazioni di cui sopra, coerentemente al tipo di goniometro in uso, per trovare i punti 2 , 3 e così via.

Alla fine del disegno si è ottenuto la poligonale della sezione longitudinale della grotta, cui verrà aggiunto il disegno relativo al fondo e alla volta della cavità.

In corrispondenza dei vari capisaldi e dei punti notevoli, disegnare le rispettive sezioni trasversali desunte dagli schizzi del quadernetto da grotta, o dalle fotografie speleologiche delle sezioni trasversali (fig. 4-4).

Misurando con la squadretta la distanza verticale tra l'ultimo punto e il primo punto, si ottiene il dislivello totale, mentre le proiezioni sul piano orizzontale delle distanze dei caposaldi (0-1, 0-2, ecc.), costituiscono il valore della distanza planimetrica da usare nel disegno della pianta della cavità (lunghezze D1, D2, D3 di fig. 4-5), la cui somma è lo sviluppo planimetrico.

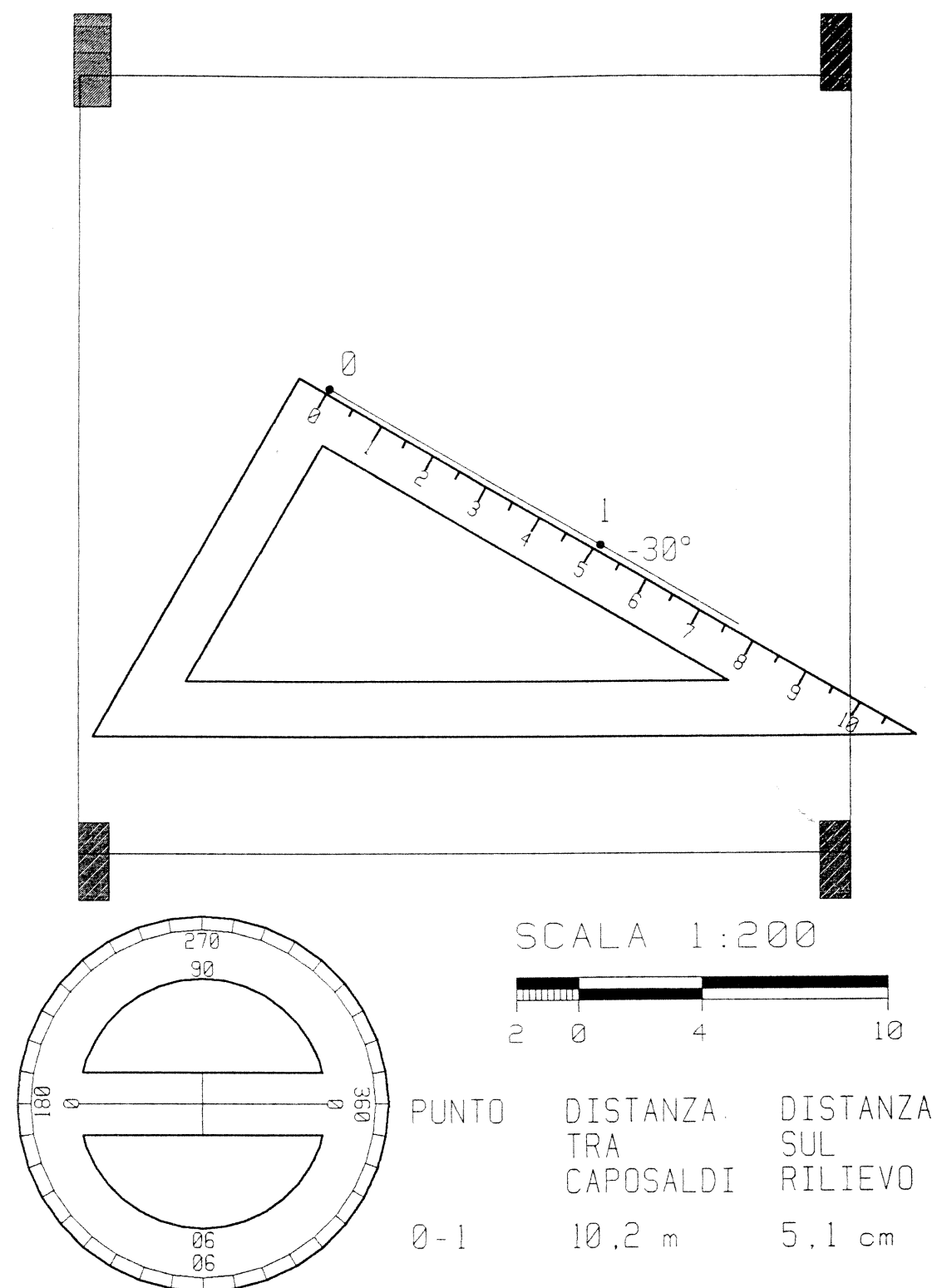



Figura 4-3 Uso del goniometro a scala doppia

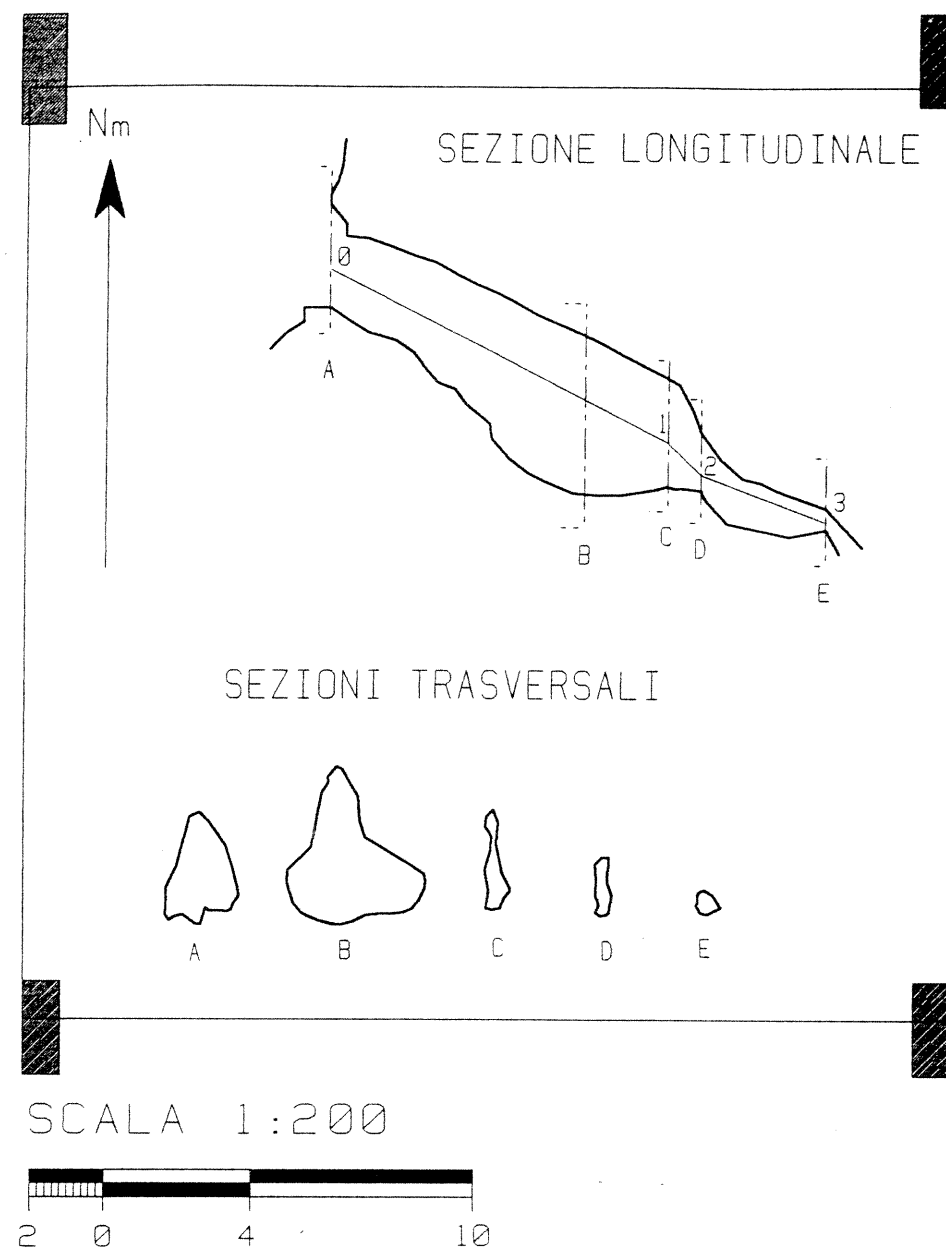
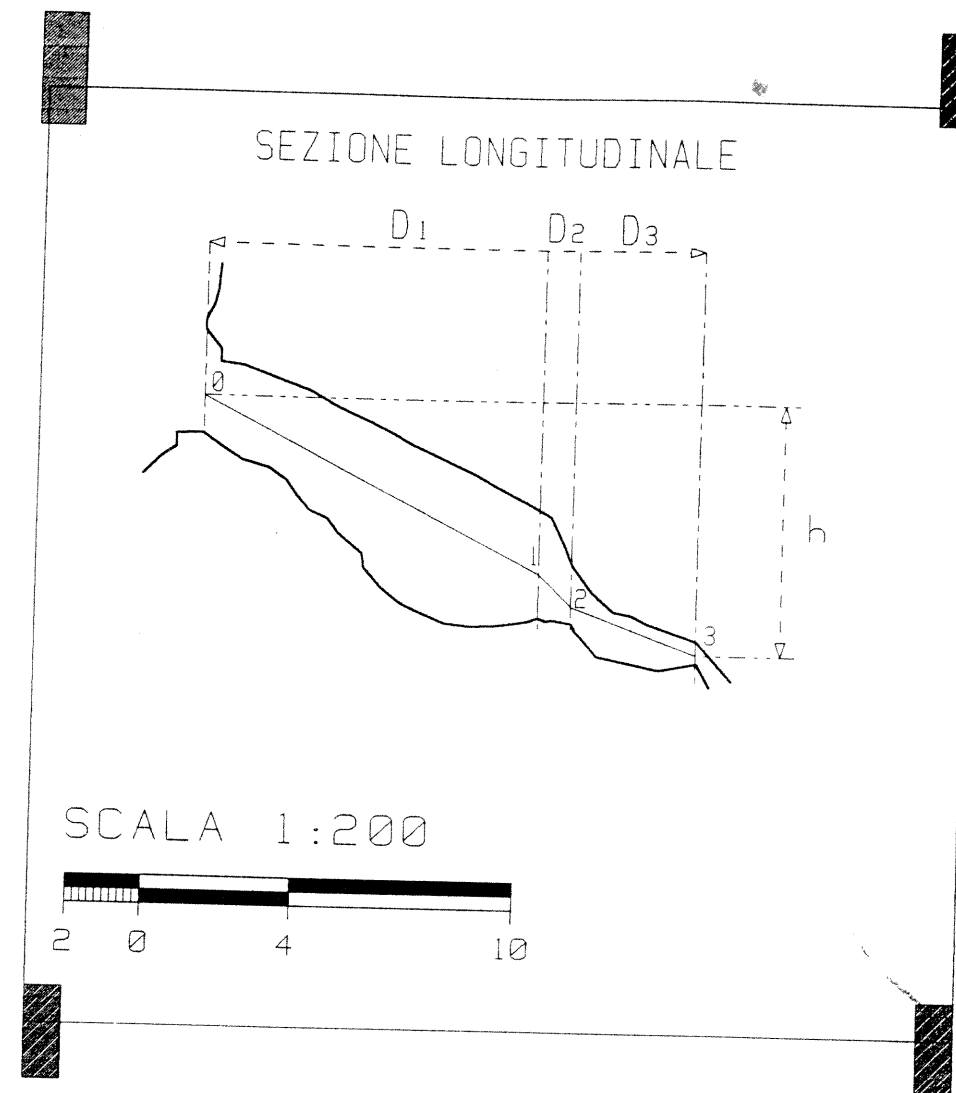
Figura 4-4 Sezioni

SEZIONE LONGITUDINALE

D1 D2 D3

h

SCALA 1:200

2 0 4 10

h = 3,60 cm (sul disegno)

Dislivello Totale (reale) = 7,20 m

D_x e' la proiezione sul piano orizzontale da usare per il disegno della pianta.

D_1 = misura proiezione del segmento 0-1 = 5,1
D_2 = misura proiezione del segmento 1-2 = 0,6
D_3 = misura proiezione del segmento 2-3 = 1,8

Figura 4-5 Dislivello

DISEGNO DELLA PIANTA

La sezione planimetrica è la proiezione su un piano orizzontale dell' intero andamento della cavità.

Sullo stesso foglio usato per disegnare la sezione longitudinale, tracciare una linea verticale con una freccia (e' il simbolo grafico del Nord magnetico).

Posizionare il centro del goniometro sul punto "0" e lo zero (o il "360") dello strumento nella stessa direzione della freccia.

Leggere sul quadernetto di grotta il valore azimutale di 'Nord' corrispondente ai caposaldi 0 - 1 e, tenendo fisso il goniometro, trovarlo sullo strumento.
In corrispondenza del valore desiderato, tracciare un puntino (fig. 4-6).

Togliere il goniometro e allineare la squadretta tra il punto "0" di partenza e il puntino appena disegnato.

La distanza planimetrica tra i caposaldi 0 - 1 è quella orizzontale della sezione longitudinale esistente tra 0 e 1 (D1 di fig. 4-5)

Tracciare una linea lunga 5,1 cm (10,2 metri in grotta = 5,1 centimetri sulla squadretta).

Numerare il nuovo punto trovato con "1". Questo è il caposaldo 1.

Cancellare il tratto di linea che non serve.

Posizionare il centro del goniometro sul nuovo punto 1 e ripetere le operazioni di cui sopra e trovare i punti 2 e 3.

Alla fine del disegno, si ottiene la poligonale della pianta della grotta (fig. 4-7), cui verrà aggiunto il disegno relativo ai contorni delle pareti della cavità (fig. 4-8).

NOTA

Più' la galleria è inclinata, maggiore è la differenza tra la misura eseguita in grotta e la sua proiezione in pianta. I tratti di poligonale verticali in pianta diventano un punto (lunghezza planimetrica = 0): ne deriva che di un pozzo si può misurare la sua inclinazione, ma non la sua direzione azimutale.

ICONOGRAFIA SPELEOLOGICA

Poiché un dettaglio troppo spinto è controproducente, è meglio non esagerare con gli "abbellimenti grafici" e limitarsi a disegnare solo la traduzione iconografica delle annotazioni fatte durante il rilievo in grotta.

Chi fosse interessato alla simbologia ipogea completa, può trovare un valido aiuto nella pubblicazione dedicata <<Manuale di rilievo ipogeo>> citato nella bibliografia essenziale.
In questa sede ci si limita a rappresentare i simboli più' importanti e consueti (fig. 4-9).

GROTTA K-1

SEZIONI TRASVERSALI

Figura 4-6 Pianta

Figura 4-7 Pianta

GROTTA K-1

Espl. - Rilievo: F.L.S.C.
2-settembre-1994

SEZIONE LONGITUDINALE

DISLIVELLO TOTALE = -7.20 m
SVILUPPO PLANIMETRICO = 13.4 m

SEZIONI TRASVERSALI

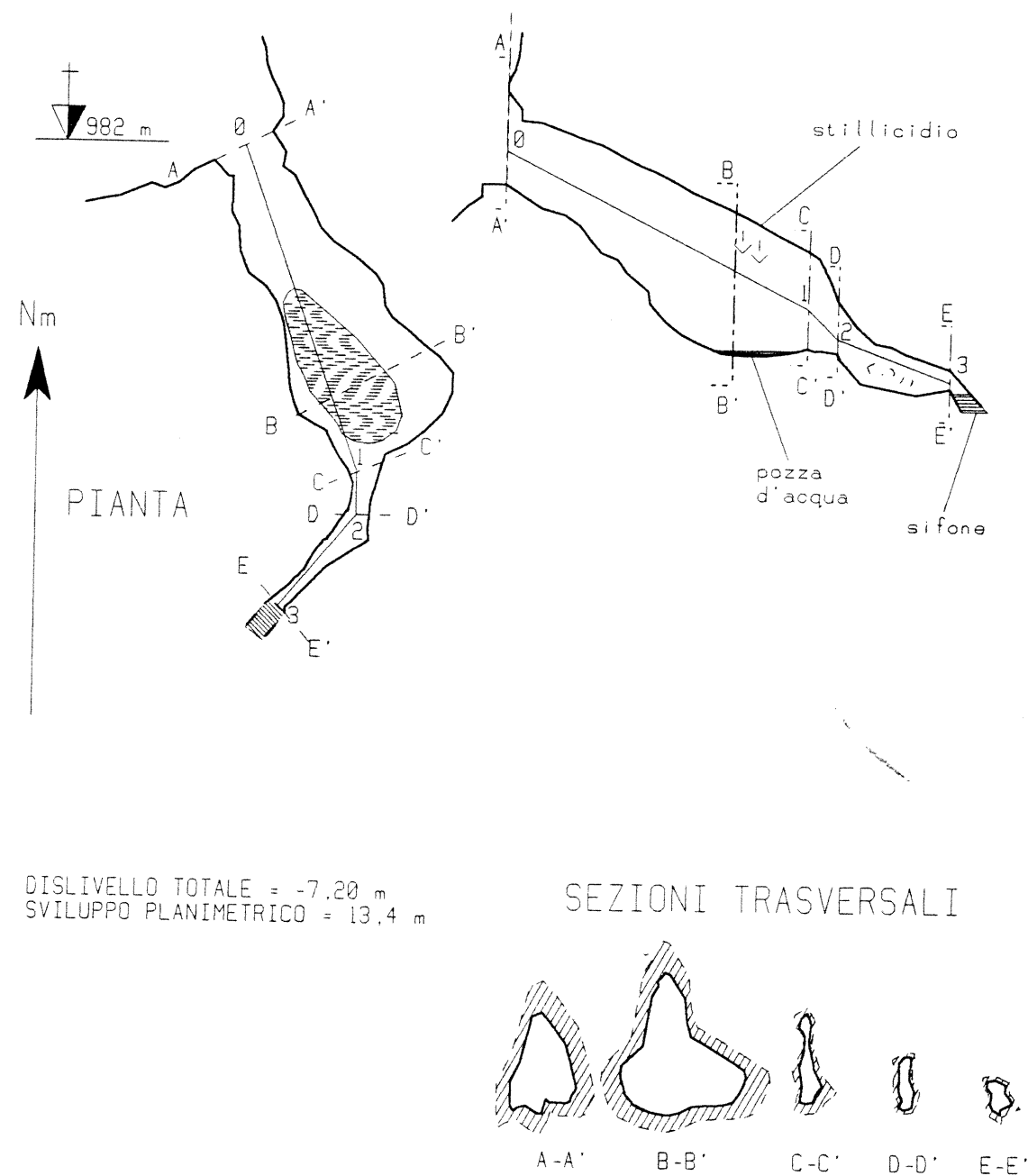



Figura 4-8 Restituzione del rilievo

ICONOGRAFIA SPELEOLOGICA ESSENZIALE

GEOMORFOLOGIA	METEOROLOGIA	IDROLOGIA
CONCREZIONI	ARIA DEBOLE	ACQUA PERMANENTE
STALATTITE	ARIA FORTE	ACQUA TEMPORANEA
COLONNA	ARIA VIOLENTA	STILLICIDIO
STALAGMITE		POZZA PERMANENTE
ECCENTRICA		POZZA TEMPORANEA
LATTE DI LUNA		GHIACCIO

ALTRI SIMBOLI

POZZO O DOLINA

CAMINO

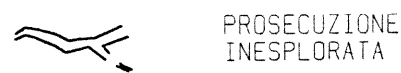
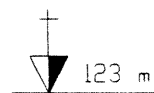
PERICOLO

PROSECUZIONE INESPLORATA

123 m QUOTA ASSOLUTA (s.l.m.) DI INGRESSO DETERMINATA BAROMETRICAMENTE

Figura 4-9 Iconografia

DATI COMPLEMENTARI

I dati della simbologia complementare necessaria per la corretta esecuzione di un rilievo ipogeo sono:

- L'indicazione del Nord geografico o il Nord magnetico, con il vertice della freccia rivolto verso l'alto del disegno.
- La quota d'ingresso della grotta riferita al livello del mare, determinata mediante un altimetro (quota barometrica) e ricavata con metodo cartografico o trigonometrico.
- La scala grafica del disegno rispetto alla realtà' viene posta in basso a destra del foglio.
- L' indicazione di eventuali punti notevoli per richiamare l'attenzione su particolari non molto evidenti: es. inghiottitoio.
- Le diciture "PIANTA", "SEZIONE", "SEZIONI TRASVERSALI" vengono poste accanto alle viste per dare maggiore chiarezza all'intero disegno.
- Numerazione o riferimenti sulle sezioni trasversali che le facciano collocare e ritrovare facilmente sulla pianta e sulla sezione longitudinale.

NOTA
Le sezioni trasversali vengono, di norma, riportate a parte.

- Gli eventuali rami sovrapposti sono disegnati spostati rispetto al disegno principale della grotta e i relativi richiami sono evidenziati da un punto pieno contrassegnato da una lettera dell'alfabeto, o una lettera dell'alfabeto con un numero, e sono uniti da una linea sottile spezzata.

Non dimenticare di indicare la denominazione della grotta, l'eventuale numero catastale, i nomi dei rilevatori e la data del rilievo (o il suo aggiornamento o una nuova aggiunta all'eventuale rilievo precedente).

LUCIDATURA FINALE

Per la scala "1:500" e' necessario ripassare il disegno del rilievo come segue:

Margini principali	con Rapidograph e punta da 0,4 mm (linea continua)
Margini nascosti	con Rapidograph e punta da 0,4 mm (linea tratteggiata)
Ingresso in pianta	con Rapidograph e punta da 0,6 mm (linea continua)
Particolari	con Rapidograph e punta da 0,2 mm (linea continua)

SCHEDA D'ARMO

Le cavità tecnicamente complesse e, in genere, quelle con pozzi interni, richiedono, oltre al normale rilievo, un ulteriore disegno tecnico che evidenzi le difficoltà', gli eventuali pericoli, il tipo di armo richiesto e la quantità di materiali necessari per l'esplorazione. Tali dati saranno contenuti o, come detto, in una rappresentazione grafica dedicata allo scopo, o in una apposita scheda d'armo, non richiesta sul disegno del rilievo.

I dati principali da riportare sono:
- numero progressivo dei vari attacchi, frazionamenti ed ancoraggi

- direzione destra o sinistra, nel senso della progressione
- profondità' dei pozzi
- lunghezza delle corde per ogni singolo pozzo
- distanza tra i frazionamenti
- descrizione dell'ancoraggio o frazionamento, posizione, tipo e quantità (spits, fixes, nuts, chiodi, attacchi naturali)
- lunghezza delle attraversate e loro difficoltà
- lunghezza delle risalite e loro difficoltà
- pericoli (massi instabili, roccia friabile, roccia marcia, possibili cadute di pietre, piene improvvise, ecc.)
- ostacoli (strettoie, fango, corsi d'acqua, cascate, ecc.)
- campi interni (campo base e disponibilità' di: amache, tende, acqua, telefono, pronto soccorso, ecc.)
- punti di rifornimento (acqua, carburo, viveri, fornelletto da campo, ecc.)
- stazioni scientifiche (misura acque, fotografica, biospeleologia, metereologia, ecc.) ed eventuali dotazioni tecniche.

CAPITOLO 5 - DISEGNO COMPUTERIZZATO

Il riporto grafico spiegato nel Capitolo 4 è il metodo di restituzione più semplice, ma risulta di notevole imprecisione. E' infinitamente meglio ricorrere ad un sistema computerizzato.

STRUMENTI NECESSARI

- Personal Computer,
- Software adatto,
- Stampante (o plotter),
- Conoscenza dell'argomento,

TIPO DI PERSONAL COMPUTER

E' richiesto un Personal Computer di qualsiasi marca e/o sistema operativo e, soprattutto un software o dedicato (leggi oltre) o adattato (il migliore, se ben testato e se si è "fini conoscitori" dell'argomento).

TIPO DI SOFTWARE NECESSARIO

I possessori di sistemi I.B.M. o compatibili, si riferiscano all'articolo comparso sul numero 28 di <<Speleologia>>, rivista semestrale della Società Speleologica Italiana, oppure, se hanno pazienza, attendano l' uscita dello studio loro dedicato, in fase di realizzazione.

I possessori di altri sistemi, non per questo peggiori o meno "professionali", possono, partendo dalle indicazioni sopra riportate, adattare il loro software in modo da ottenere i risultati agognati. L'autore, facendo parte, per il momento, dell'ultimo gruppo, si è "attrezzato" come segue:

- un programma di calcolo elettronico, abilitato all'uso esteso delle funzioni trigonometriche, in grado di salvare gli elaborati in formato ASCII
- un programma di editing in grado di generare un file di stampa in caratteri ASCII
- un programma CAD (Computer Aided Design) in grado di interpretare correttamente un file di testo (in ASCII) "ad hoc".

I dati provenienti dal quadernetto da grotta vengono immessi direttamente nei campi dedicati dello "spreadsheet" (fig. 5-1).

Il calcolo intermedio, non riportato in questa sede, tiene conto delle peculiarità dello "spreadsheet" (angoli delle funzioni in radianti) e del CAD (incremento degli angoli sia sinistrorsa che destrorsa, con suddivisione da 0° a +180° e da 0° a -180°), ed è suddiviso in più fasi ben distinte:
- conversione degli angoli nei corrispondenti angoli CAD
- trasformazione degli angoli in radianti
- calcolo trigonometrico delle misure relative di altezza e distanza dei caposaldi in funzione degli angoli alfa e theta

Si ottengono, così:
- le coordinate cartesiane assolute della poligonale
- i dati riassuntivi: sviluppo, profondità, dislivello

Figura 5-1 Poligonale aperta - Dati richiesti per il calcolo delle coordinate cartesiane

N. DEI CAPOSALDI	DISTANZA TRA CAPOSALDI (L) metri	ANGOLO VERTICALE (alfa) gradi	AZIMUT (theta) gradi
0-1	4.00	-30.0	170.0
1-2	3.00	-10.0	140.0
2-3	2.00	-45.0	160.0
3-4	6.00	-90.0	160.0
4-5	4.00	15.0	90.0

Risultati dell'analisi (in valori assoluti)

N. DEI CAPOSALDI	DISTANZA ORIZZONT. D metri	ALTEZZA H metri	COORDINATE POLIGONALE X metri	COORDINATE POLIGONALE Y metri
0-1	3.46	-2.00	0.602	-3.411
1-2	6.42	-2.52	2.501	-5.675
2-3	7.83	-3.94	2.984	-7.004
3-4	7.83	-9.94	2.984	-7.004
4-5	11.70	-8.90	6.848	-7.004

DATI RIASSUNTIVI (in metri)		
	Sviluppo	11.70
	Profondita'	-9.94
	Dislivello	-10.97

Dati visibili nella visualizzazione grafica

	coord. x	coord. y	segmento	angolo
Pianta	X ass.	Y ass.	D assoluta	theta
Sezione	D ass.	H ass.	L assoluta	alfa

I risultati dell'analisi (fig. 5-1) costituiscono l'input del programma CAD. Con l'editor si creano due files di testo, in cui si immettono i dati relativi alla pianta e alla sezione longitudinale della grotta:

PIANTA

X	Y	Coordinate assolute dei punti
0.00000	0.00000	origine
0.60200	-3.41100	0-1
2.50100	-5.67500	1-2
2.98400	-7.00400	2-3
2.98400	-7.00400	3-4
6.84800	-7.00400	4-5

SEZIONE LONGITUDINALE

X	Y	Coordinate assolute dei punti
0.00000	0.00000	origine
3.46000	-2.00000	0-1
6.42000	-2.52000	1-2
7.83000	-3.94000	2-3
7.83000	-9.94000	3-4
11.70000	-8.90000	4-5

L'output del CAD è la poligonale rilevata in grotta, che, una volta ridotta alla scala desiderata, sarà completata, sia per la pianta che per la sezione longitudinale (sempre tramite lo stesso programma), con le sezioni trasversali e l'eventuale iconografia ipogea memorizzata in appositi files (fig. 5-2).

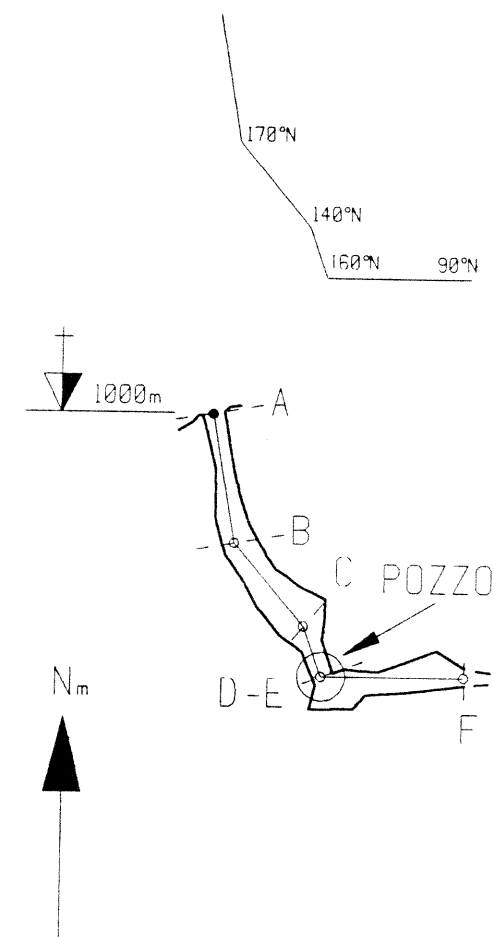
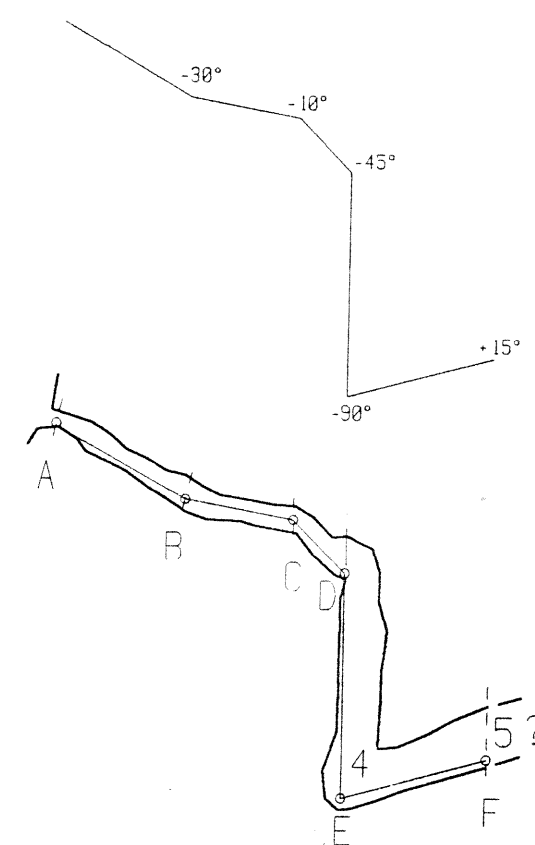
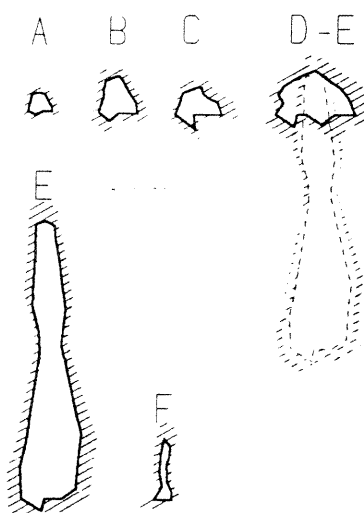



Figura 5-2 Passaggio dall'eidotipo computerizzato al disegno finale tramite "CAD"

ESEMPIO PRATICO DI CALCOLO PER LA COMPENSAZIONE DEGLI ERRORI IN UNA POLIGONALE CHIUSA

Sia data una poligonale chiusa con 10 caposaldi (come quella, ad esempio, di fig. 2-11), i cui dati significativi sono la distanza tra i caposaldi, l'angolo verticale e l'angolo azimutale. Come spiegato nel cap. 2, una poligonale è chiusa quando il caposaldo di partenza coincide con quello di arrivo.

Dopo avere espletato la prima parte dei calcoli, come visto nei paragrafi precedenti, si ottengono i risultati dell'analisi come valori assoluti e i dati riassuntivi della poligonale (fig. 5-3); ma ad un attento esame, si nota che le coordinate di X, Y e Z al caposaldo di arrivo "0" (dal caposaldo "9"), non coincidono, come dovrebbero, con le coordinate del caposaldo di partenza "0" (verso il caposaldo "1"), che si è assunto essere 0, 0, 0 . Infatti:

X = +1,81 metri   Y = +2,27 metri   Z = -2,95 metri

cioè si ha una differenza (DELTA) rispetto allo 0.

Si stabilisce, a priori, il valore massimo di tolleranza che è pari all'1% dello sviluppo planimetrico totale della poligonale, quindi si procede nel calcolo (fig. 5-4).
La compensazione avviene in due fasi e coinvolge le variabili:

distanza tra i caposaldi
angolo verticale
angolo azimutale

Nella prima fase si corregge la planimetria della poligonale, il cui errore di chiusura è dato dal valore della differenza della coordinata assoluta X e Y al caposaldo di arrivo "0", rispetto al valore di x e y, che al caposaldo di partenza "0", erano nulle.

Si ripartiscono, in modo proporzionale, le differenze ottenute tra ogni singolo valore della proiezione planimetrica di ogni lato della poligonale, e la lunghezza planimetrica totale.

x1 tra i caposaldi "1-2"
= (valore relativo della coord. x al punto "2") - ((DELTA X) / (Sviluppo planimetrico)) * (distanza orizzontale relativa tra "1-2")

y1 tra i caposaldi "1-2"
= (valore relativo della coord. y al punto "2") - ((DELTA Y) / (Sviluppo planimetrico)) * (distanza orizzontale relativa tra "1-2")

Theta1 rad al caposaldo "2" = tan (x1 / y1)

Applicando il teorema di Pitagora: D1, al caposaldo "2", diventa:
sqr ((x1*x1) + (y1*y1))

X1 al caposaldo "2" = (x1 al caposaldo precedente) + (x1 al caposaldo attuale)

Y1 al caposaldo "2" = (y1 al caposaldo precedente) + (y1 al caposaldo attuale)

Nota: se il caposaldo attuale è il numero "1" si ha: X1 = x1 , Y1 = y1

Figura 5-3 Poligonale chiusa - Dati richiesti per il calcolo delle coordinate cartesiane

N. DEI CAPOSALDI	DISTANZA TRA CAPOSALDI (L)	ANGOLO VERTICALE (alfa)	AZIMUT (theta)
	metri	gradi	gradi
0-1	19.90	-12.0	93.0
1-2	18.80	1.0	85.0
2-3	19.10	-7.0	129.0
3-4	10.50	-10.0	49.0
4-5	14.80	-1.0	129.0
5-6	20.00	-9.0	340.0
6-7	19.30	1.0	310.0
7-8	20.00	4.0	266.0
8-9	20.00	5.0	277.0
9-0	19.00	15.0	210.0

Risultati non compensati (in valori assoluti)

N. DEI CAPOSALDI	DISTANZA ORIZZONT. D	ALTEZZA H	COORDINATE POLIGONALE X	Y	Z
	metri	metri	metri	metri	metri
0-1	19.47	-4.14	19.438	-1.019	-4.137
1-2	38.26	-3.81	38.164	0.620	-3.809
2-3	57.22	-6.14	52.897	-11.311	-6.137
3-4	67.56	-7.96	60.701	-4.527	-7.960
4-5	82.36	-8.22	72.201	-13.839	-8.219
5-6	102.11	-11.35	65.445	4.723	-11.347
6-7	121.41	-11.01	50.662	17.127	-11.011
7-8	141.36	-9.62	30.760	15.735	-9.615
8-9	161.28	-7.87	10.984	18.163	-7.872
9-0	179.64	-2.95	1.808	2.270	-2.955

DATI RIASSUNTIVI (in metri)		
	Sviluppo	179.64
	Profondita'	-11.68
	Dislivello	-20.40

Figura 5-4

		metri
DELTA X=	1.808	0.0116
DELTA Y=	2.270	0.4731
DELTA Z=	-2.955	1.1583
Tolleranza = max (Sviluppo/100)	1.796	

Poligonale chiusa
Compensazione degli errori di rilevamento

N. PUNTI	x1	X1	y1	Y1	theta1 rad	D1
0-1	19.24	19.24	-1.26	-1.26	-1.51	19.28
1-2	18.54	37.78	1.40	0.14	1.50	18.59
2-3	14.54	52.32	-12.17	-12.03	-0.87	18.96
3-4	7.70	60.02	6.65	-5.38	0.86	10.18
4-5	11.35	71.37	-9.50	-14.88	-0.87	14.80
5-6	-6.96	64.42	18.31	3.43	-0.36	19.59
6-7	-14.98	49.44	12.16	15.59	-0.89	19.29
7-8	-20.10	29.34	-1.64	13.95	1.49	20.17
8-9	-19.98	9.36	2.18	16.13	-1.46	20.09
9-0	-9.36	0.00	-16.13	0.00	0.53	18.65

z1	Z1	z2	Z2	alfa1 rad	L1 metri
-4.10	-4.10	-3.80	-3.80	-0.19	19.66
0.32	-3.77	0.61	-3.19	0.03	18.60
-2.33	-6.10	-2.04	-5.23	-0.11	19.07
-1.79	-7.90	-1.64	-6.87	-0.16	10.31
-0.26	-8.16	-0.03	-6.90	-0.00	14.80
-3.10	-11.26	-2.80	-9.70	-0.14	19.79
0.34	-10.92	0.63	-9.07	0.03	19.30
1.41	-9.51	1.72	-7.35	0.09	20.24
1.76	-7.75	2.07	-5.28	0.10	20.20
5.00	-2.76	5.28	0.00	0.28	19.38

I nuovi valori delle coordinate assolute di x e y (cioè X1 e Y1) saranno nulli al caposaldo di arrivo "0".

Nella seconda fase del calcolo della compensazione (fig. 5-4), se il valore di z del caposaldo di arrivo "0" è maggiore della tolleranza massima al punto di partenza "0", che era nullo, si corregge l'angolo verticale in funzione delle singole proiezioni planimetriche ricavate nella prima fase.

Il calcolo consiste nel ripartire, in modo proporzionale, ogni singolo valore della coordinata z della proiezione planimetrica di ogni lato della poligonale, in relazione alla lunghezza planimetrica totale.

z1 al caposaldo "2"
= se (angolo verticale alfa) < 0 ----->z1 = -D1 * tan (angolo verticale alfa in radianti)
= se (angolo verticale alfa) > 0 ----->z1 = D1 * tan (angolo verticale alfa in radianti)

Z1 al caposaldo "2"
= (z1 al caposaldo precedente) + (Z1 al caposaldo attuale)

Nota: se il caposaldo attuale è il numero "1" si ha: Z1 = z1

Se il nuovo valore Z1 della coordinata z, fosse ancora maggiore della tolleranza, si ripete il calcolo della seconda fase e si otterrà il valore finale Z2 della coordinata z, che è nullo.

z2 al caposaldo "2"
= z1 a "2" - ((somma delle coordinate z1) / (somma delle coordinate D1)) * D1 a "2"

Z2 al caposaldo "2"
= (z2 al caposaldo precedente) + (Z1 al caposaldo attuale)

Nota: se il caposaldo attuale è il numero "1" si ha: Z2 = z2

alfa 1 rad al caposaldo "2"
= arcotan ((z2 al caposaldo "2") / (D1 al caposaldo "2")

L1 al caposaldo "2"
= (D1 al caposaldo "2") / cos (alfa 1 rad al caposaldo "2")

alfa 1 gradi al caposaldo "2" = (alfa 1 rad al caposaldo "2") * 180 / (PI greco)

Al termine dell'analisi le coordinate x, y, z al punto di arrivo "0", coincidono con le relative coordinate X2, Y2, Z2 e assumono valore zero (fig. 5-4).

CONSIDERAZIONI FINALI

Pro: La precisione ottenuta è esattamente uguale a quella con cui è stato effettuato il rilevamento in grotta; per questo motivo sarebbe meglio se l'assunzione dei dati fosse effettuata con sistemi il più affidabile possibile (sistemi di puntamento dei caposaldi più precisi, strumenti di precisione, ecc.).

Il risparmio di tempo è notevolissimo: la velocità di esecuzione di una poligonale (immissione dei dati principali ed eventuale trascrizione di dati aggiuntivi, compresi), è una frazione rispetto al metodo manuale.

La scalatura è estremamente precisa.

La trasposizione planimetrica del rilievo, alla scala desiderata, sulla carta topografica è della massima attendibilità; a tale proposito è necessario ricordarsi di includere il calcolo della variazione della declinazione magnetica per la zona in oggetto; inoltre si raccomanda vivamente di indicare sempre sul rilievo la data del rilevamento e degli eventuali successivi aggiornamenti: sarà così possibile, anche dopo molti anni, ricostruire, con una certa approssimazione, la declinazione magnetica esistente all'epoca del rilevamento per il corretto orientamento delle planimetrie.

Contro: Praticamente nessuno, se non la gelosia del/dei rilevatori a "cedere" a "terzi" i dati faticosamente acquisiti, (vedi sotto).

IMPORTANTE

E' indispensabile essere in possesso dei dati originali del rilievo effettuato in grotta e non del disegno del rilievo: è, infatti, perfettamente inutile ricavare i dati che servono da un disegno già fatto che, per i motivi precedentemente descritti, può nascondere grossolani quanto invisibili errori di riporto grafico e, in questo modo aggiungere errore ad errori per ottenere, alla fine, un risultato appagante ma completamente sbagliato e non corrispondente alla realtà.